



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Mahasiswa :
ALVI AULIA
NRP.10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
NRP. 10111500000092

Dosen Pembimbing :
RIDHO BAYUAJI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730710 199802 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

Mahasiswa :
ALVI AULIA
NRP.10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
NRP. 10111500000092

Dosen Pembimbing :
RIDHO BAYUAJI, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730710 199802 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



FINAL PROJECT APPLIED - RC 145501

BUILDING STRUCTURE REDESIGN OF OFFICIAL “MITRA YATIM MANDIRI” WITH INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME METHOD

Student :

ALVI AULIA

NRP.10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA

NRP. 10111500000092

Consellor Lecture :

RIDHO BAYUAJI, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19730710 199802 1 002

DIPLOMA III PROGRAM

CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT

VOCATIONAL FACULTY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY

SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Ahli Madya Teknik pada
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 23 Juli 2018

Disusun oleh :

Mahasiswa I

Mahasiswa II



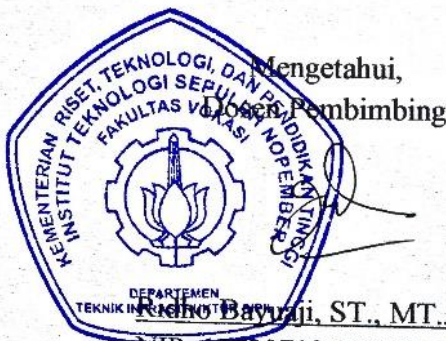
Alvi Aulia

NRP. 10111500000051



Teguh Editiya Herfangga

NRP. 10111500000092



Rendi Bayuaji, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19730710 199802 1 002

26 JUL 2018



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 5 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah		
Nama Mahasiswa	Alvi Aulia	NRP	10111500000051
Nama Mahasiswa	Teguh Editiya Herfangga	NRP	10111500000092
Dosen Pembimbing 1	Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none">1. Gambar as di lengkapi ✓2. akses ke atap ✓3. gambar pondasi : slot & dinding paksi yg benar ✓4. check jumlah tumpuan (kolom pangs) & diameter TP & type, slot & kebutuhan pangs ✓5. check beban pondasi → tanpa faktor ✓6. Revisi : pondasi tangga, pemodelan tangga gambar ? ✓7. Ditambah panjang pemegangan tumpuan pangs ✓8. dicheck pondasi & tumpuan ✓9. dalam plat dibuat & diperkuatnya ✓10. detail penulangan superbalok ✓11. pondasi tangga & check ✓12. penggambaran plat diperbaiki ✓13. dalam plat tumpuan & diperbaiki ✓14. check gambar lain & diperbaiki → b. kanal ✓15. type pangs pengaliran → check ke geser ✓16. gambar tumpuan pangs lain ✓17. gambar Restat & perhitungan volumenya ? ✓	<p>Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002</p> <p></p> <p>Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001</p> <p></p> <p>Ir. Munarus Suluch, MS NIP 195504081982031003</p> <p>NIP -</p>

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002	Nur Achmad Husin, ST. MT NIP 197201151998021001	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 195504081982031003	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ridho Bayu Aji, ST. MT. PhD. NIP 197307101998021002	- NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Alvi Aulia 2. Teguh Editiya Herfangga
NRP : 1. 10111500000051 2. 10111500000092
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST, MT, PhD.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	8 Januari 2018	- Menambah 1 Sub bab yang mendetail tentang metode pelaksanaan dari suatu item pekerjaan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pendahuluan (latar Belakang)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Tujuan kantor tersebut dibangun 4 lantai dilihat dari segi ekonomi, sosial		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Rumusan Masalah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Apakah membangun kantor 4 lantai di daerah tersebut bisa.				
		- Tinjauan Pustaka		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Dasar untuk melanjutkan laporan tersebut		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Standart yang digunakan				
2.	5 Februari 2018	• Preliminary Design (diperbaiki lagi)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Metodologi Pelaksanaan (flowchart)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Asistensi selanjutnya pelat dan gambar				
3.	06 Maret 2018	- Asistensi gambar desain yang telah selesai hasil perhitungannya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Gempa tanya pak navir		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Dipresentasikan				
		- Memperbaiki time schedule				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama
NRP
Judul Tugas Akhir

: 1 Alvi Aulia
: 1 10111500000051
:

2 Teguh Editya Herfanga
2 10111500000092

Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST., MT., PhD

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	13 April 2018	• Membuat flowchart perhitungan				
		• Menghitung dan digambar				
		• Mengapa pelat yang direncanakan diasumsikan jepit penuh		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	31 Mei 2018	- Daftar Isi gambar				
		- Diselesaikan semua perhitungan, dan gambar				
		- Tanggal detail		B	C	K
		- Nama Bangunan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Detail potongan harus jelas dan simbol diperjelas.				
		- Elevasi tanah urug, dan letak sloof		B	C	K
		- Detail penulangan pelat, balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Penulangan portal harus diperbaiki				
		- Gambar pondasi diperjelas, jarak antar tulangan diperbaiki		B	C	K
6.	5 Juni 2018	- Detail potongan kolom		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Detail HEB dan notasi lengkap dan jelas				
		- Detail pondasi pada sloof				
		- Penamaan harus proporsional		B	C	K
		- Penulangan pelat di tabel penulangan balok diperjelas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

- B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Alvi Aulia 2 Teguh Editya Herfangga
NRP : 1 101115000000091 2 101115000000092
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST-MT, Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7	6 Juni 2018	Pelat lantai dibenarkan lagi				
		Detail potongan kurangkolom				
		Perhitungan manual untuk geser		B	C	K
		Detail potongan sloof, pondasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Memberi perhitungan manual untuk momen				
8	8 Juni 2018	- Melihat literatur untuk detail pelat				
		bordes		B	C	K
		- Detail tangga kurang jelas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tulangan tangga tidak masuk akal				
		- Menggunakan hitungan manual agar bisa				
		dibandingkan		B	C	K
		- Penulangan pelat langsung garis		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		lurus jangan diputus				
		- Penulangan pelat slab untuk momennya				
		menggunakan pelat elastis		B	C	K
		- Alasan faktor reduksi kolom dan balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		berbeda				
		- Menghitung perhitungan manual kolom				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



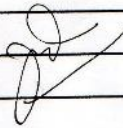
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Alvi Aulia 2 Teguh Edityatherfangga
NRP : 1 101115000000051 2 101115000000092
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST, MT., Ph.D

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	28 Juni 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Mengecek kembali penulangan pelat, jika tidak membutuhkan tul. susut tidak usah digunakan. • Gambar detail pelat pilih yang gambar disampingnya terdapat pelat juga • Penulangan tangga : jika P lebih dari P_{max} maka tebal pelat ditinggi • Detail sambungan pelat pada tangga diperbaiki, melihat lintasan kembali • Keterangan pada gambar kurang jelas • Tulangan puntir disloof dikalikan saja, balok anak sejajar. • Gambar denah di pelat tidak usah digunakan • Penulisan/notasi pd fondasi diperbaiki • Detail portal juga diberi keterangan 		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH**

Mahasiswa I : Alvi Aulia
NRP : 10111500000051

Mahasiswa II : Teguh Editiya Herfangga
NRP : 10111500000092

Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Program Studi : Diploma III Teknik Sipil
Fakultas : Vokasi-ITS

Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D.
NIP : 19730710 199802 1 002

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir yang berjudul Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ini mengambil objek Kantor Mitra Yatim Mandiri yang terletak di Jalan Raya Sarirogo Sidoarjo. Bangunan gedung ini terdiri dari 7 lantai dan akan direncanakan ulang 4 lantai dengan tinggi 19 m. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai perencanaan struktur menggunakan metode sistem rangka pemikul momen menengah.

Perhitungan stuktur menggunakan metode sistem rangka pemikul momen menengah yang mengacu pada SNI 2847-2013, SNI 1726-2012, dan SNI 1727-2013. Perhitungan yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini yaitu perhitungan struktur atas seperti balok, kolom, pelat lantai, pelat tangga dan struktur bawah

seperti sloof dan pile cap, dengan pondasi tiang pancang. Bahan utama penyusunan struktur adalah beton bertulang. Karena bangunan masuk kategori bangunan beraturan maka dalam perencanaan beban akibat gempa menggunakan statik ekuivalen. Metode pelaksanaan yang ditinjau dalam tugas akhir ini adalah step pekerjaan balok beserta uraiannya hingga menghasilkan perhitungan volume bestat sehingga dapat digunakan dalam pelaksanaan di lapangan.

Hasil dari perhitungan perencanaan ini berupa dalam bentuk laporan perhitungan struktur dengan disertai gambar yang dapat dijadikan referensi dalam pelaksanaan pembangunan kedepannya

Kata kunci : Sistem rangka pemikul momen menengah, Statik ekuivalen

**BUILDING STRUCTURE REDESIGN OF OFFICIAL
“MITRA YATIM MANDIRI” WITH INTERMEDIATE
MOMENT RESISTING FRAME METHOD**

Student I : Alvi Aulia
NRP : 10111500000051

Student II : Teguh Editiya Herfangga
NRP : 10111500000092

Department : Civil Infrastructure Engineering
Course : Diploma III of Civil Engineering
Faculty : Vocational-ITS

Consellor : Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D.
NIP : 19730710 199802 1 002

ABSTRACT

The little of this research is redesign of official “Mitra Yatim Mandiri” with Intermediate Moment Resisting Frame Methodt the object research of official “Mitra Yatim Mandiri” which is located at Raya Sarirogo Sidoarjo. This building has 7 floors and will be modified to 4 floors with 19 m of height. In this final project will be discussed about structural planning using intermediate moment resisting frame method.

The calculation of the structure is using the intermediate moment resisting frame method that referring to Indonesia National Standard 2847-2013, Indonesia National Standard 1726-2012, and Indonesia National Standard 1727-2013. Then The calculation of this research refers is the upper structure contains of beam, column, slab and stair’s slab and the down structure contains of sloof dan pile cap with the foundation using piles. Main material as the structure composer is reinforced concrete. Because

the building is categorized as an uniform building so at the load planning due to the seismic effect is using static equivalent. The implementation method reviewed in this final project is about block working step with the description on it to get the bestat volume calculation so it can be applied for construction.

The result of this design calculation is in the form of final project report and shop drawing that can be used as reference in the implementation of future development.

Keywords : Intermediate Moment Resisting Frame, Static Equivalent

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kami ucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan judul “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah”.

Tersusunnya tugas akhir ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih yang terutama kepada :

1. Kedua orang tua kami, saudara-saudara kami, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah memberikan banyak dukungan moral maupun materi terutama doa dan semangatnya.
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
3. Bapak Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing kami yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir terapan ini.
4. Serta semua pihak yang telah mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, maka kami ucapkan mohon maaf jika ada kekurangan dalam penyusunan.

Demikian yang dapat kami sampaikan, terima kasih

Surabaya, 23 Juli 2018
Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).....	5
2.3 Elemen Struktur	7
2.3.1 Balok	8
2.3.2 Kolom	8
2.3.3 Pelat	8
2.3.4 Pondasi	11
BAB III METODOLOGI	13
3.1 Pengumpulan Data	13
3.2 Preliminary Design	14
3.2.1 Penentuan dimensi balok	14
3.2.2 Penentuan dimensi kolom	14
3.2.3 Penentuan dimensi plat	15
3.2.4 Struktur Pondasi.....	17
3.3 Analisa Pembebanan.....	17
3.3.1 Beban mati.....	17
3.3.2 Beban hidup.....	18
3.3.3 Beban Hujan	19
3.3.4 Beban Angin	19
3.3.5 Beban Gempa	19

3.4 Analisa Struktur	27
3.5 Perhitungan Penulangan Struktur	29
3.5.1 Penulangan Balok	29
3.5.2 Penulangan Kolom.....	37
3.5.3 Penulangan Pelat.....	40
3.5.4 Penulangan Sloof	43
3.6 Analisa Gaya Dalam	46
3.7 Gambar Rencana.....	47
3.8 Flowchart	49
BAB IV ANALISA PEMBAHASAN	57
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur	57
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok	57
4.1.2 Perencanaan Dimensi Sloof	60
4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom	61
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat	62
4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga	68
4.2 Pembebanan	69
4.2.1 Pembebanan Pelat	69
4.2.2 Pembebanan Tangga	71
4.2.3 Pembebanan Dinding	73
4.2.4 Beban Angin	73
4.2.5 Beban Gempa.....	78
4.3 Perhitungan Struktur	92
4.3.1 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	92
4.3.2 Perhitungan Penulangan Pelat Atap	108
4.3.3 Perhitungan Penulangan Tangga dan Bordes	117
4.3.4 Perhitungan Penulangan Balok	125
4.3.4.1 Balok Induk 1	125
4.3.4.2 Balok Induk 2	164
4.3.4.3 Balok Anak	203
4.3.4.4 Sloof	241
4.3.5 Perhitungan Penulangan Kolom.....	280
4.3.6 Perhitungan Penulangan Pondasi	314
4.3.6.1 Perhitungan Pondasi Tipe 1	316
4.3.6.2 Perhitungan Pondasi Tipe 2	335

4.4 Perhitungan Volume Pembesian	355
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	361
5.1 Kesimpulan	361
5.2 Saran	365
DAFTAR PUSTAKA	367
LAMPIRAN.....	369

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain Geser untuk SRPMM	7
Gambar 3.1 Permodelan Struktur	28
Gambar 3.2 Desain Geser Balok untuk SRPMM	32
Gambar 3.3 Faktor panjang efektif (K)	38
Gambar 3.4 Gaya lintang pada kolom akibat beban gravitasi terfaktor	39
Gambar 4.1 Denah Perencanaan Balok Induk 1	57
Gambar 4.2 Denah Perencanaan Balok Induk 2	58
Gambar 4.3 Denah Perencanaan Balok Anak	59
Gambar 4.4 Denah Perencanaan Sloof	60
Gambar 4.5 Denah Perencanaan Pelat Lantai	62
Gambar 4.7 Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (2)	79
Gambar 4.6 Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (1)	79
Gambar 4.8 Output Momen Torsi Balok Induk 1	127
Gambar 4.9 Output Momen Lapangan Balok Induk 1	127
Gambar 4.10 Output Momen Tumpuan Balok Induk 1	128
Gambar 4.11 Output Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 1	128
Gambar 4.12 Output Momen Geser Balok Induk 1	128
Gambar 4.13 Geser Desain Balok untuk SRPMM	154
Gambar 4.14 Output Torsi Balok Induk 2	166
Gambar 4.15 Output Momen Lapangan Balok Induk 2	166
Gambar 4.16 Output Momen Tumpuan Kiri Balok Induk 2	166
Gambar 4.17 Output Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 2	167
Gambar 4.18 Output Momen Geser Balok Induk 2	167
Gambar 4.19 Geser Desain Balok untuk SRPMM	192
Gambar 4.20 Output Torsi Balok Anak	205
Gambar 4.21 Output Momen Lapangan Balok Anak	205
Gambar 4.22 Output Momen Tumpuan Kiri Balok Anak	205
Gambar 4.23 Output Momen Tumpuan Kanan Balok Anak	205
Gambar 4.24 Output Momen Geser Balok Anak	206
Gambar 4.25 Gesser Desain untuk SRPMM	231
Gambar 4.26 Output Momen Torsi Sloof	243
Gambar 4.27 Output Momen Lapangan Sloof	243

Gambar 4.28 Output Momen Tumpuan Kiri Sloof	244
Gambar 4.29 Output Momen Tumpuan Kanan Sloof	244
Gambar 4.30 Output Momen Geser Sloof	244
Gambar 4.31 Geser Desain untuk SRPMM	269
Gambar 4.32 Output aksial kombinasi 1,4D	281
Gambar 4.33 Output aksial kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr	281
Gambar 4.34 Output aksial kombinasi 1,2D+0,3Ex+1Ey+1L ..	282
Gambar 4.35 Output aksial kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey+1L ..	282
Gambar 4.36 Output M1s X kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey+1L	282
Gambar 4.37 Ouput M2s X kombinasi 1,2D+1Ex+0,3Ey+1L	283
Gambar 4.38 Ouput M1ns X kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr	283
Gambar 4.39 Output M2ns X kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr	283
Gambar 4.40 Output M1s Y kombinasi 1,2D+0,3Ex+1Ey+1L	284
Gambar 4.41 Output M2s Y kombinasi 1,2D+0,3Ex+1Ey+1L	284
Gambar 4.42 Output M1ns Y kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr	284
Gambar 4.43 Output M2ns Y kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr	285
Gambar 4.44 Nomogram faktor ketakutan kolom	288
Gambar 4.45 Diagram Interaksi Momen kolom arah X	291
Gambar 4.46 Diagram Interaksi Momen kolom arah Y	299
Gambar 4.47 Output PCACOL	306
Gambar 4.48 Kemampuan penampang kolom dari PCACOL ..	308
Gambar 4.49 Desain geser kolom untuk SRPMM	309

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan	5
Tabel 2.2 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung	9
Tabel 2.3 Lendutan Izin Maksimum yang Dihitung	9
Tabel 2.4 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	10
Tabel 3.1 Tebal Minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	14
Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	15
Tabel 3.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior	16
Tabel 3.4 Kasifikasi Situs	20
Tabel 3.5 Koefisien Situs F_a	21
Tabel 3.6 Koefisien Situs F_v	21
Tabel 3.7 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	23
Tabel 3.8 Faktor keutamaan gempa	23
Tabel 3.9 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek	23
Tabel 3.10 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik (SD_1)	24
Tabel 3.11 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	25
Tabel 3.12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	25
Tabel 3.13 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir	36
Tabel 3.14 Rasio tulangan susut dan suhu	42
Tabel 3.15 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir	45
Tabel 4.1 Faktor arah angin, K_d	74
Tabel 4.2 Koefisien Tekanan Internal	75
Tabel 4.3 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas	75
Tabel 4.4 Koefisien Tekanan Dinding	77
Tabel 4.5 Data SPT	78
Tabel 4.6 Faktor keutamaan gempa	79

Tabel 4.7 Berat seismic efektif bangunan.....	82
Tabel 4.8 Gaya Geser Horizontal Bangunan	83
Tabel 4.9 Eksentrisitas Bangunan.....	83
Tabel 4.10 Gaya gempa tiap kolom Lantai 2	85
Tabel 4.11 gaya gempa tiap kolom Lantai 3.....	87
Tabel 4.12 Gaya gempa tiap kolom Lantai 4	89
Tabel 4.13 Gaya gempa tiap kolom Lantai atap	91
Tabel 4.14 Rekapitulasi tulangan pelat lantai dua arah.....	117
Tabel 4.15 Rekapitulasi tulangan pelat lantai satu arah.....	117
Tabel 4.16 Rekapitulasi tulangan pelat tangga dan bordes	125
Tabel 5.1 Rekap Penulangan Pelat Lantai dua Arah.....	362
Tabel 5.2 Rekap Penulangan Pelat Lantai satu Arah	362
Tabel 5.3 Rekap Penulangan Pelat Atap.....	362
Tabel 5.4 Rekap Penulangan Pelat Tangga dan Bordes.....	363
Tabel 5.5 Rekap Penulangan Balok.....	363
Tabel 5.6 Rekap Penulangan Kolom	364
Tabel 5.7 Rekap Penulangan Pondasi.....	364

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	=	Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm ²)
A_g	=	Luas bruto penampang (mm ²)
A_{oh}	=	Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm ²)
A_s	=	Luas tulangan tarik non prategang (mm ²)
A_{sc}	=	Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm ²)
A'_s	=	Luas tulangan tekan non prategang (mm ²)
b	=	Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
b_w	=	Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C'_c	=	Gaya pada tulangan tekan
C'_s	=	Gaya tekan pada beton
d	=	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	=	Jarak dari serat tekan terluar ke tulangan tekan (mm)
d_b	=	Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
D	=	Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E_c	=	Modulus elastisitas beton (Mpa)
E	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang terkait
E_x	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah X
E_y	=	Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa arah Y
I_b	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
I_p	=	Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

f'_c	=	Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
f_y	=	Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non pra-tegang (Mpa)
h	=	Tinggi total dari penampang
h_n	=	Bentang bersih kolom
k	=	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
l	=	Panjang bentang balok atau pelat satu arah
l_n	=	Bentang bersih balok
l_o	=	Panjang yang diukur dari muka joint sepanjang sumbu komponen struktur
l_u	=	Panjang tak tertumpu komponen struktur tekan
M_u	=	Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
M_{nb}	=	Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M_{nc}	=	Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M_n	=	Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M_{nl}	=	Momen kapasitas balok penampang kiri (Nmm)
M_{nr}	=	Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
M_{nt}	=	Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
M_1	=	Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M_2	=	Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
N	=	Nilai Test Penetrasi Standar pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
N_u	=	Beban aksial terfaktor
P_{cp}	=	Keliling luar penampang beton (mm)
P_h	=	Keliling dari tulangan sengkang torsi

P_u	=	Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
r	=	Radius girasi penampang komponen struktur tekan
R	=	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan
S	=	Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
S_n	=	Kekuatan lentur, geser, atau aksial nominal sambungan
s_o	=	Spasi pusat ke pusat tulangan transversal dalam panjang l_o mm
T	=	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
T_n	=	Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_u	=	Momen torsi terfaktor pada penampang Nmm)
V_c	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
V_n	=	Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dengan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1
V_s	=	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
W_u	=	Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah

α	=	Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasidsecara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	=	Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	=	Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	=	Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
β_n	=	Faktor untuk memperhitungkan pengaruh angkur pengikat pada kuat tekan efektif zona nodal
ρ	=	Rasio tulangan tarik
ρ'	=	Rasio tulangan tekan
ρ_b	=	Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	=	Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	=	Rasio tulangan tarik minimum
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruhgempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
Ψ	=	Faktor kekangan ujung – ujung

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kantor Mitra Yatim Mandiri adalah salah satu kantor Yayasan Yatim Mandiri yang berkedudukan di Jalan Raya Sarirogo Sidoarjo. Kantor ini direncanakan sebagai wadah untuk menampung dan mengembangkan jiwa berbisnis anak yatim purna asuh binaan Yayasan Yatim Mandiri. Dimana pada saat itu Yayasan Yatim Mandiri sudah mulai mengembangkan program Kemandirian bagi Yatim Purna asuh.

Perencanaan suatu bangunan baik bangunan bertingkat atau tidak bertingkat harus mempertimbangkan resiko kegempaan yang terjadi pada wilayah bangunan itu dibangun. Diantaranya adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) terbagi dalam 3 bagian berdasarkan zona kegempaan antara lain Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dari hasil data tanah dan syarat kegempaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri yang diperoleh pada daerah Kalianget maka bangunan tersebut akan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Dalam penyusunan tugas akhir ini akan membahas perencanaan ulang struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri 7 lantai menjadi 4 lantai dan akan memodifikasi rangka atap baja menjadi dek beton dengan menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah yang masuk persyaratan untuk tugas akhir program studi D3 Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri” sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menghitung dan merencanakan rangka bangunan struktur beton bertulang dengan metode SRPMM ?
2. Bagaimana mengaplikasikan perhitungan struktur dalam bentuk gambar teknik ?
3. Bagaimana perhitungan volume tulangan balok ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang akan dibahas dalam “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri” adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan ini hanya membahas struktur beton pada elemen balok, kolom, pelat, dan pondasi.
2. Perhitungan gempa menggunakan metode analisis Statik Ekuivalen.
3. Perhitungan volume yang ditinjau hanya meliputi penulangan balok.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penyusunan “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri” adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan dimensi dan penulangan struktur beton dengan metode SRPMM dalam bentuk laporan perhitungan.
2. Memodelkan pembebanan pada struktur gedung dengan analisa stuktur SAP 2000.
3. Mengaplikasikan hasil perhitungan struktur kedalam gambar teknik.
4. Menguraikan perhitungan volume pembesian pada penulangan balok.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan “Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri” adalah sebagai berikut :

1. Mampu merencanakan dan menghitung struktur gedung bertingkat dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Mampu mengaplikasikan hasil perhitungan struktur kedalam gambar teknik.
3. Mampu menguraikan perhitungan volume pembesian pada penulangan balok.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Tabel 2.1 Peraturan yang digunakan

No. SNI	Judul SNI
SNI 03-1726-2012	Tata Cara Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
SNI 2847-2013	Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
SNI 1727 – 2013	Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

Dalam proyek ini akan direncanakan struktur gedung beton bertulang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan merubah dan memperkuat preliminary desain yang semula. Struktur yang akan direncanakan adalah Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri Surabaya 4 Lantai dan direncanakan pada daerah yang termasuk zona 3 pada ketahanan gempanya, dimana Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), untuk daerah yang berada di wilayah gempa dengan kategori desain seismik (KDS) C.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dimana metode perencanaan struktur ini menitik beratkan kewaspadaannya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser dimana semua rangka struktur bangunan memikul beban gravitasi dan beban lateral yang diakibatkan oleh beban gempa.

Persyaratan untuk metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sesuai SNI-03-2847-2013 pasal 21.3 :

1. Detail Tulangan

Detail tulangan pada komponen struktur harus memenuhi pasal 23.10(4) bila gaya tekan aksial terfaktor P_u untuk komponen struktur yang tidak melebihi $A_g f_c' / 10$. Bila P_u lebih besar, maka detail tulangan rangka harus memenuhi kolom. Bila sistem slab dua arah tanpa balok membentuk sebagian dari sistem penahan gaya gempa, detail tulangan pada sebarang bentang yang menahan momen yang diakibatkan oleh pengaruh gempa, E harus memenuhi slab dua arah tanpa balok.

2. Kekuatan Geser

Kekuatan geser nominal ϕV_n balok yang menahan pengaruh gempa E tidak boleh kurang dari :

- a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan lentur nominal M_n balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor.
- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan pengaruh gempa E , dengan E diasumsikan sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.

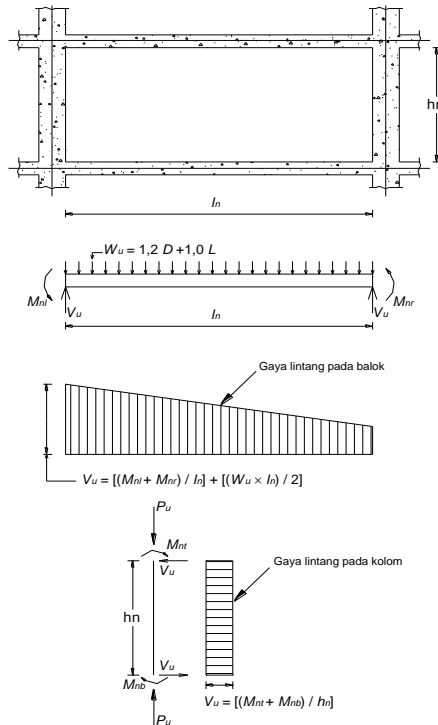
c.

Kekuatan geser nominal ϕV_n kolom yang menahan pengaruh gempa E tidak boleh kurang dari :

- a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan aksial terfaktor, konsisten dengan gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi.

- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan pengaruh beban gempa E , dengan E ditingkatkan oleh Ω_o .

(SNI 2847-2013 Pasal 21.3.2 dan 21.3.3)



Gambar 2.1 Desain Geser untuk SRPMM

2.3 Elemen Struktur

Suatu bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban oleh adanya bangunan diatas tanah bila dipadukan menghasilkan suatu sistem rangka menyeluruh.

Elemen – elemen struktur pada perancangan ini meliputi balok, kolom, pelat dan pondasi.

2.3.1 Balok

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 dan pasal 21.3.4.2 persyaratan untuk perencanaan balok menggunakan SRPMM ialah :

- Kekuatan momen positif $\geq 1/3$ Kekuatan momen negative
- Kekuatan momen negatif $\geq 1/5$ Momen maksimal
- Kekuatan momen positif $\geq 1/5$ Momen maksimal
- Panjang sengkang ≥ 2 kali tebal
- Jarak sengkang pertama ≤ 50 mm dari muka perletakan
- Spasi sengkang $\leq d/4$
- Spasi sengkang ≤ 8 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- Spasi sengkang ≤ 24 kali diameter sengkang
- Spasi sengkang ≤ 300 mm

2.3.2 Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2 hingga pasal 21.3.5.4 persyaratan untuk perencanaan kolom menggunakan SRPMM ialah :

- Spasi sengkang $\leq d/4$
- Spasi sengkang ≤ 8 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- Spasi sengkang ≤ 24 kali diameter sengkang
- Spasi sengkang ≤ 300 mm
- Panjang sengkang $\geq 1/6$ bentang kolom
- Panjang sengkang \geq penampang kolom terkecil
- Panjang sengkang ≥ 300 mm
- Jarak sengkang pertama $\leq 1/2$ spasi sengkang

2.3.3 Pelat

Ketebalan pelat dihitung dengan memperhatikan lendutan minimum berdasarkan SNI 2847-2013,

konstruksi pelat terdiri dari 2 jenis yaitu konstruksi pelat satu arah dan konstruksi pelat dua arah.

Tabel 2.2 Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5a)

Untuk persyaratan konstruksi pelat dua arah, yaitu :

Tabel 2.3 Lendutan Izin Maksimum yang Dihitung

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/180^*$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) [†]	$l/480^*$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$l/240^§$
[*] Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (<i>camber</i>), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase. [†] Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktur. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau. [‡] Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan. [§] Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.		

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5b)

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua isinya, tebal

minimumnya, h harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

- a) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:
- Pelat tanpa penebalan $> 125 \text{ mm}$
 - Pelat dengan penebalan $> 100 \text{ mm}$

Tabel 2.4 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ²		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ²	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
²Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_e untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2 tabel 9.5c)

- a. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3)

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- b. Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3)

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- c. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α_f tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternative ketebalan minimum yang ditentukan persamaan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 pada poin b dan c diatas harus dinaikan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Bagian l_n dalam (b) dan (c) adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok. Bagian β dalam (b) dan (c) adalah rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat.

2.3.4 Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang ada di bawahnya. Terdapat dua klasifikasi pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Sedangkan pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan, seperti pondasi sumuran dan pondasi tiang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah yang digunakan untuk perencanaan struktur Bangunan Gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), sebagai berikut :

3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan:

1. Data Gambar

Gambar Struktur bangunan digunakan sebagai acuan awal perencanaan elemen struktur dan sebagai data untuk input pembebanan

2. Perencanaan Bangunan

- Data Umum Bangunan

Nama Proyek	: Kantor Mitra Yatim Mandiri
Alamat	: Jalan Raya Sarirogo Sidoarjo
Konsultan Perencana	: Konsultan Masterpiece
Fungsi Bangunan	: Kantor
Jumlah lantai	: 4 lantai
Konstruksi Bangunan	: Beton Bertulang
Konstruksi Atap	: Beton Bertulang

- Data Bahan Beton

Mutu Beton	: 25 Mpa
Mutu Tulangan Lentur	: 400 Mpa
Mutu Tulangan Geser	: 240 Mpa

3. Data Tanah

Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Labolatorium Uji Tanah Departemen Teknik Infrastruktur Sipil - FV – ITS. Data tanah yang diperoleh berupa data hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*)

3.2 Preliminary Design

Preliminary Design adalah tahap awal dalam merencanakan dimensi struktur dari bangunan gedung diperlukan agar aman dengan cara merencanakan dimensi kolom, balok, pelat, dan pondasi.

3.2.1 Penentuan dimensi balok

Ditentukan sesuai SNI 2847 – 2013, perencanaan tinggi (h) sloof dan balok berdasarkan pasal 9.5.2.2 tabel 9.5a yaitu:

Tabel 3.1 Tebal Minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, <i>h</i>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

Untuk menentukan nilai dimensi lebar (b) didapat dari nilai $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$ dari tinggi (h) pada balok yang telah dihitung.

3.2.2 Penentuan dimensi kolom

Ditentukan sesuai SNI 2847 – 2013 Pasal 8.10

- Menghitung Inersia balok yang telah diketahui
- Membandingkan perbandingan inersia dan Panjang antara balok dan kolom
- Menghitung dimensi kolom dari perbandingan inersia

$$\frac{I_{kolom}}{l_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{l_{balok}}$$

Keterangan:

I_{kolom} = Inersia kolom ($\frac{1}{12} \times b \times h^3$)

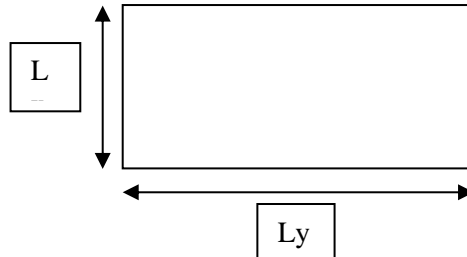
L_{kolom} = Tinggi bersih kolom

I_{balok} = Inersia balok ($1/12 \times b \times h^3$)

L_{balok} = Tinggi bersih balok

3.2.3 Penentuan dimensi plat

1. Menentukan posisi pelat yang ditinjau
2. Tipe Pelat



- Perencanaan Pelat satu arah

Pelat satu arah terjadi apabila $\frac{ly}{lx} > 2$,
dimana ly = bentang terpanjang dan lx = bentang terpendek.

$$\mu \text{ (lapangan)} = \frac{1}{16} \times q_u \times ly^2$$

$$\mu \text{ (tumpuan)} = \frac{1}{24} \times q_u \times ly^2$$

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1

Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$

CATATAN:
Panjang bentang dalam mm.
Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
(b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

- Perencanaan Pelat dua arah

Pelat dua arah terjadi apabila $\frac{l_y}{l_x} < 2$, dimana l_y = bentang terpanjang dan l_x = bentang terpendek. Maka perhitungan pelat dua arah sesuai SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.3. Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua isinya, tebal minimumnya, h harus memenuhi ketentuan sebagai berikut. :

- a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:
 - Pelat tanpa penebalan $> 125 \text{ mm}$
 - Pelat dengan penebalan $> 100 \text{ mm}$

Tabel 3.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan ²			Dengan penebalan ²		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
²Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_e untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

- b. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3)

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c. Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3)

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan α_1 tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan 9.12 dan 9.13 harus dinaikkan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

3.2.4 Struktur Pondasi

Perencanaan pondasi dalam struktur bangunan menggunakan data tanah yaitu data SPT. Dalam perencanaannya harus mempertimbangkan jenis, kondisi, dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi diatasnya. Perencanaan dimensi pondasi dan poer direncanakan setelah dilakukan pemodelan struktur dan analisis gaya dalam.

3.3 Analisa Pembebanan**3.3.1 Beban mati**

1. Beban mati pelat lantai :
 - Berat sendiri pelat
 - Spesi
 - Keramik
 - Plafond
 - Penggantung Plafond
 - Instalasi gedung, sera perpipaian.
2. Beban mati pelat atap :
 - Berat sendiri pelat

- Plafond
 - Penggantung Plafond
 - Instalasi gedung
3. Beban mati pelat tangga dan bordes :
- Berat sendiri pelat
 - Spesi
 - Keramik
 - Railing

3.3.2 Beban hidup

Ditentukan SNI 1727-2013 sesuai fungsi bangunan :

1. Beban Hidup Lantai 2
 - Ruang kantor = 240 kg/m^2
 - Gudang = 600 kg/m^2
 - Koridor = 383 kg/m^2
 - Ruang baca = 287 kg/m^2
 - Balkon = 360 kg/m^2
2. Beban Hidup Lantai 3
 - Ruang kantor = 240 kg/m^2
 - Gudang = 600 kg/m^2
 - Koridor = 383 kg/m^2
 - Balkon = 360 kg/m^2
3. Beban Hidup Lantai 4
 - Ruang kantor = 240 kg/m^2
 - Gudang = 600 kg/m^2
 - Koridor = 383 kg/m^2
 - Balkon = 360 kg/m^2
4. Beban Hidup Lantai Atap
 - Atap = 96 kg/m^2

3.3.3 Beban Hujan

Bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah dengan beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya. Sesuai SNI 1727-2013 pasal 8.3

$$R = 0,0098 (ds+dh)$$

Keterangan :

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam kN/m^2 . Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

ds = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam (mm).

dh = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam (mm).

3.3.4 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai dengan pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar SNI 1727-2013 Pasal 26.

3.3.5 Beban Gempa

Dalam perencanaan beban gempa pada gedung

Kantor Mitra Yatim Mandiri dihitung dengan menggunakan statik ekuivalen. Dengan mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1726-2012.

1. Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata –rata (N_{spt}) sesuai SNI 1726-2012

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}}$$

2. Menentukan klasifikasi situs tanah sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 5.3 dengan menggunakan SPT rata-rata (\bar{N}).

Tabel 3.4 Kasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas $PI > 20$, 2. Kadar air , $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ Kpa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : -Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi,		

dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah</p> <p>-Lempung sangat organic dan / atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)</p> <p>-Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$)</p> <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa</p>
--	---

3. Setelah mengetahui kelas situs tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan peta hazard gempa Indonesia 2010
4. Menentukan koefisien situs periode 0,2 detik (F_a) dan koefisien situs periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 pasal 6.2 sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 3.5 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Tabel 3.6 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa MCEr terpetakan periode 1 detik, S1				
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 0,2 detik (S_{MS}) sesuai dengan **SNI 1726-2012**

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

- Menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) sesuai **SNI 1726-2012**

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk periode 0,2 detik sesuai **SNI 1726-2012**

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik sesuai SNI 1726-2012

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

- Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan gempa (I) struktur bangunan sesuai **SNI 1726:2012** bisa dilihat pada tabel 2.2.4 dan 2.2.5 dibawah ini.

Tabel 3.7 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah took dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 3.8 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)
IV	1,5

10. Kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726:2012 pada tabel 2.2.6 dan tabel 2.2.7 dibawah ini :

Tabel 3.9 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A

$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

Tabel 3.10 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan periode 1 detik (SD_1)

Nilai SD_1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_1 < 0,167$	A	A
$0,067 \leq SD_1 < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD_1 < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD_1$	D	D

11. Kemudian untuk menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1

$$T_a = C_t \times h n^x$$

Dimana :

hn : Tinggi bangunan (m)

C_t : 0,0466

x : 0,9

12. Hitung koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u)

Tabel 3.11 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, SDI	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

13. Cek nilai (T_c) periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

14. Periode fundamental struktur yang digunakan

Jika $T_c > C_u \cdot T_a \rightarrow T = C_u \cdot T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a \rightarrow T = T_c$

Jika $T_c < T_a \rightarrow T = T_a$

15. Menentukan nilai koefisien modifikasi respon (R) sesuai SNI 1726:2012 diuraikan pada tabel 2.2.9 dibawah ini :

Tabel 3.12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons (R^a)	Faktor kuat lebih sistem (Ω_0)	Faktor perbesar an defleksi (C_d^b)	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
(C6). Rangka beton pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI

16. Menghitung koefisien respons seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}}$$

17. Menentukan T_0 dan T_s

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

18. Membuat respons spektrum gempa sesuai SNI 1726:2012 pasal 6.4.1.

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain SNI 1726:2012 pasal 6.4.2:

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

19. Menghitung gaya geser dasar seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W$$

20. Menghitung gaya geser dasar seismik per lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k}$$

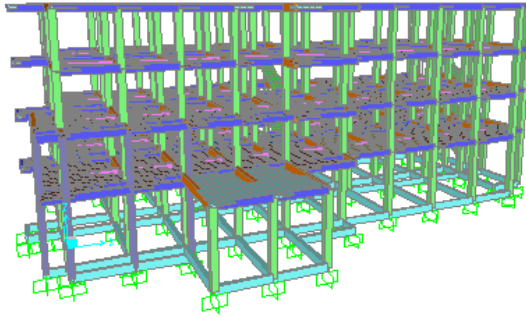
21. Menghitung Pusat Massa, Pusat Kekakuan dan Eksentrisitas
22. Menghitung Besarnya Gaya Gempa setiap kolom sesuai dengan eksentrisitas
23. Input ke dalam SAP 2000 Gaya Gempa per kolom

3.4 Analisa Struktur

Nilai gaya dalam diperoleh untuk menganalisa struktur menggunakan bantuan program SAP 2000. Dalam SAP 2000 komponen-komponen struktur gedung dimodelkan seperti balok, kolom, sloof, pelat lantai, tangga, atap dan pondasi. Selain itu, pada dasar perletakan permodelan struktur bangunan menggunakan perletakan jepit. Struktur gedung direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Material Beton
 - a. Mutu beton = K300 atau 25 Mpa
 - b. Modulus Elastisitas = $4700\sqrt{f'c'} = 23500$ Mpa
 - c. Poisson ratio beton = 0,3
 - d. Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Material Baja Tulangan
 - a. Mutu tulangan longitudinal (fy) = 370 Mpa
 - b. Mutu tulangan transversal (fy) = 340
 - c. Poisson ratio baja = 0,3
 - d. Berat jenis baja = 7850 kg/m³

Sementara itu dimensi struktur diperoleh dari hasil preliminary desain sesuai SNI 2847-2012.



Gambar 3.1 Permodelan Struktur

Struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi. Model struktur bangunan yang ditinjau disederhanakan menjadi *grid* karena kolom dianggap kaku. Pada perencanaan ini bangunan memiliki 4 lantai dengan diasumsikan terdapat perletakan jepit pada dasar bangunan yang berguna untuk menahan gaya sehingga dapat dilakukan perhitungan pada struktur pondasi.

Pada bagian komponen pelat, pada bagian atap bangunan ini menggunakan pelat beton. Dengan begitu pembebanan pelat lantai dan pelat atap dalam SAP menjadi berbeda. Begitu pula dengan pelat tangga yang memiliki beban dan tebal yang berbeda dengan keduanya. Pada ujung anak tangga yang bertumpu pada sloof dan balok anak diasumsikan sebagai jepit, sedangkan pada pelat bordes dianggap sendi. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh elemen balok.

Beban mati dan hidup yang dimasukkan pada model struktur diasumsikan searah gravitasi. Untuk beban dinding

diasumsikan sebagai beban merata pada balok yang dibebani dinding.

Dalam perencanaan struktur gedung ini terhadap beban gempa hanya diperhitungkan beban gempa horizontal saja. Untuk perhitungan beban gempa digunakan cara *static equivalen* yang mana pada setiap lantai beban gempanya tidak sama yang dimana besar gaya geser (V) akan dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi baban nominal statik ekivalen pada pertemuan balok dan kolom lantai tingkat (F). Beban gempa diletakkan pada sisi terluar bangunan, dengan nilai 1 EX + 0,3 EY dan juga 1 EY + 0,3 EX. Dimana EX merupakan beban gempa arah X dan EY merupakan beban gempa arah Y. Pondasi dianggap tidak mengalami penurunan, pergeseran horizontal maupun berotasi.

3.5 Perhitungan Penulangan Struktur

Komponen-komponen struktur didesain sesuai dengan aturan yang terdapat pada SNI 2847-2013. Perhitungan meliputi :

3.5.1 Penulangan Balok

1. Perhitungan tulangan lentur

Momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program SAP2000.

$$\blacksquare \quad M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)

$$\blacksquare \quad d = b_w - \text{decking} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. utama}}$$

$$\blacksquare \quad R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$\blacksquare \quad \rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 2847-2013, Lampiran B8.4.2)

$$\blacksquare \quad \rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

(SNI 2847-2013, Lampiran B 10.3.3)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_y}$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x}{f_y}$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot F_y$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc} = \frac{M_u}{\phi} - M_{nc}$$

Cek tulangan tunggal/rangkap :

- Jika $(M_n - M_{nc}) > 0$, maka perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$C s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''}$$

$$f s' = \left(\frac{x - d''}{x} \right) \cdot 600$$

Jika $f s' > f_y$, maka tulangan tekan lelehJika $f s' = f_y$, maka tulangan tekanJika $f s' < f_y$, maka tulangan tekan tidak lelehTulangan tekan perlu ($A_{s'}$)

$$A_{s'} = \frac{C s'}{(f s' - 0,85 \cdot f_c')}$$

Tulangan Tarik tambahan (A_{ss})

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

- Jika $(M_n - M_{nc}) < 0$, maka tidak perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$ maka $\rho \text{ perlu}$ dinaikan 30 %, Sehingga ;

$$\rho \text{ pakai} = 1,3 \times \rho \text{ perlu}$$

$$A_s = \rho \text{ perlu} \times b \times d$$

Jikap $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$ maka dimensi balok diperbesar.

- Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = A_s'$$

- Kontrol jarak spasi tulangan sesuai

SNI 2847-2013, Pasal 7.6.2

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{tul sengkang}}) - (n \times \phi_{\text{tul sengkang}})}{n-1}$$

Dimana : $s \geq 25 \text{ mm}$

- Kontrol kekuatan sesuai

SNI 2847-2013, Pasal 22.5.1

$$\phi M_n \geq M_u$$

2. Perhitungan tulangan geser

Penentuan V_n , V_c , V_s , dan V_u

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E) sesuai SNI 2847 – 2013 Pasal 21.3.2

- $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.1.1)

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'} \times bw \times d$$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.2.1.1)

Sedangkan untuk gaya geser minimum yang harus dimiliki tulangan geser :

$$V_{s_{min}} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6)

$$V_{s_{max}} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d$$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.5.3)

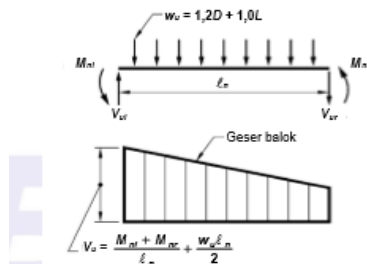
$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.7.2)

$$A_v = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{bw.s}{f_{yt}}$$

(SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6.3)

Untuk mendapatkan V_u sesuai dengan perencanaan SRPMM, maka rumus yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Desain Geser Balok untuk SRPMM

$$Vu = \frac{Mnr + Mnl}{Ln} + \frac{Wu \cdot Ln}{2}$$

Keterangan :

Vu : gaya lintang horizontal terfaktor pada suatu lantai

Mnl : Momen nominal penampang kiri

Mnr : Momen nominal penampang kanan

Wu : beban terfaktor per unit luas

Ln : bentang balok

Berikut adalah beberapa untuk mengontrol kondisi perhitungan tulangan geser :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \varphi \times Vc$$

Maka, tidak perlu tulangan geser.

Kondisi 2

$$0,5 \times \varphi \times Vc \leq Vu \leq \varphi \times Vc$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y}$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} 600 \text{ mm}$$

Kondisi 3

$$\varphi \times Vc < Vu \leq \varphi(Vc + Vs_{min})$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y}$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad \text{dan} \quad S_{max} 600 \text{ mm}$$

Kondisi 4

$$\varphi(Vc + Vs_{min}) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times bw \times d \right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\varphi \times Vs_{perlu} = Vu - \varphi \times Vc$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{S}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

Kondisi 5

$$\varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times bw \times d \right) < V \leq \varphi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \times bw \times d \right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\varphi \times Vs_{perlu} = Vu - \varphi \times Vc$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{S}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

Kondisi 6

$$Vs \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

Maka, Perbesar penampang

Keterangan :

Vn : Tegangan geser nominal

Vc : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

Vs : Kuat geser nominal yang

Av : Luas tulangan geser disumbangkan oleh tulangan geser

3. Perhitungan tulangan torsi

Perhitungan tulangan torsi berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari:

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Keterangan :

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

$\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847 2013 pasal 8.6.1

$\Phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847 2013 pasal 9

- Untuk memikul geser oleh lentur dan puntir, dimensi penampang harus direncanakan:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_c h^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0.66 \sqrt{f'_c} \right)$$

- Dalam mendesain tulangan torsi, harus memenuhi:

$$\phi T_n \geq T_u$$

Sedangkan T_n dihitung dengan persamaan:

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_y t}{s} \cot \theta$$

Dengan A_o boleh diambil sama dengan $0,85$; θ boleh diambil sama dengan 45 derajat untuk komponen struktur non prategang atau komponen struktur prategang dengan gaya prategang efektif kurang dari 40% kekuatan tarik longitudinal. Luas tulangan longitudinal tambahan untuk menahan torsi. A tidak boleh kurang dari:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_y t}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

4. Penyaluran dan penyambungan tulangan

- Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik.
 - Panjang penyaluran λ_d dinyatakan dalam diameter d_b untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik, harus ditentukan berdasarkan pasal 21.5.3, tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
 - Untuk batang ulir atau kawat ulir, λ_d / d_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3.13 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang λ_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan Atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$

kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus-kasus lain	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{18 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$	$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{10 \sqrt{f_c'}}$

Dimana :

α = faktor lokasi penulangan

β = faktor pelapis

λ = faktor beton agregat ringan

d_b = diameter tulangan

- Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan.
 - Panjang penyaluran λ_d dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar λ_{db} pada pasal 14.3(2) dengan faktor modifikasi yang berlaku sesuai dengan pasal 14.3(3), tetapi λ_d tidak boleh kurang dari 200 mm.
 - Panjang penyaluran dasar λ_{db} , harus diambil sebesar $d_b f_y / (4 \sqrt{f_c'})$, tetapi tidak kurang dari $0,04 d_b f_y$

3.5.2 Penulangan Kolom

1. Perhitungan tulangan lentur kolom
 - a. Bedakan antara kolom dengan pengaku (braced frame) atau kolom tanpa pengaku (unbraced frame)
 - Untuk komponen struktur tekan yang di bracing terhadap goyangan menyimpang :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak dibressing terhadap goyangan menyimpang:

$$\frac{k \cdot Lu}{r} \leq 22$$

- Hitung faktor kekakuan (EI) kolom

Nilai EI bisa diambil dari :

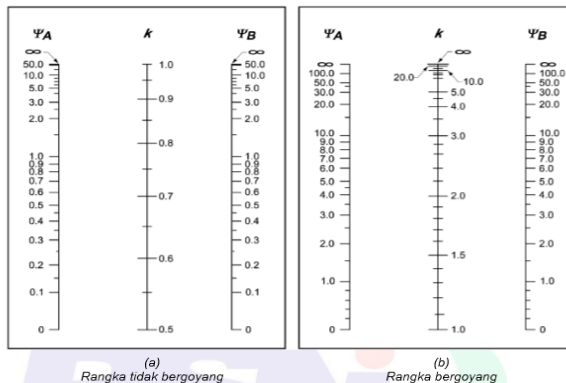
$$EI = \frac{0,2 \cdot E_c \cdot I_g + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta_d} \text{ atau } EI = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

- Hitung faktor kekangan ujung-ujung kolom ψ_A dan ψ_B .

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{kolom-kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{balok-balok}}$$

- Hitung faktor panjang efektif (k)

Lihat tabel nomigram pada SNI 2847-2013 Pasal 12.11.6



Gambar 3.3 Faktor panjang efektif (K)

- e. Hitung P_c (Beban kritis) kolom-kolom yang bersangkutan

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2}$$

- f. Hitung faktor pembesaran momen (δ_s dan δ_{ns}) sesuai SNI 2847-2013 pasal 10.10.7.3

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1$$

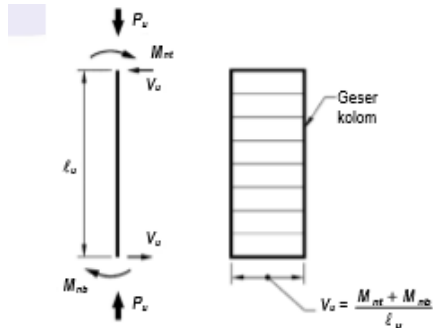
Hitung :

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

2. Perhitungan tulangan geser kolom

Untuk mendapatkan nilai V_u pada kolom sesuai dengan perencanaan SRPMM dapat diperoleh dari rumus berikut :



Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser (V_c) harus dihitung menggunakan

Gambar 3.4 Gaya lintang pada kolom akibat beban gravitasi terfaktor

rumus :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d$$

Besaran Nu/Ag harus dinyatakan dalam MPa.

Kondisi perhitungan tulangan geser pada kolom sama dengan kondisi perhitungan pada balok.

Cek persyaratan

- a. Kontrol momen

$$M_n > \frac{M_u}{\phi}$$

- b. Kontrol kemampuan kolom

Kontrol kemampuan kolom dilakukan dengan menggunakan program PCACOL.

$$M_{ux} < M_{nx}$$

$$M_{uy} < M_{ny}$$

3. Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

- a. Tulangan kondisi tarik

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{spertu}}{A_{spasang}} \lambda_d$$

- b. Tulangan kondisi tekan

$$\lambda_d = \frac{d_b f_y}{4\sqrt{f'_c}} \geq 0,04 \cdot d_b f_y$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{spertu}}{A_{spasang}} \lambda_d$$

- c. Tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$\lambda_{hb} = \frac{100d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

3.5.3 Penulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat berdasarkan SNI 2847-2013, yaitu :

- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
(SNI 2847-2013 pasal 10.5.1)
 - $\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
(SNI 2847-2013 lampiran B.8.4.2)
 - $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$
(SNI 2847-2013 lampiran B.10.3.3)
 - $m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
(Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a)
 - $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$
(Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a)
- Kontrol $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$
 Jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, maka ρ_{perlu} dinaikan 30 %.
 Sehingga ; $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$
 (SNI 2847-2013 pasal 10.5.3)
- Hitung tulangan yang dibutuhkan
- $A_s = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$
(Wang, C. Salmon jilid 1 hal. 55 pers.3.5.1)
 - Kontrol jarak spasi tulangan
 $S_{\max} \leq 2 \times h$
 (SNI 2847-2013 pasal 13.3.2)
 - Kontrol perlu tulangan susut + suhu
 $\rho_{\text{susut}} = 0,0018 \times b \times h$
 (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1)

Tabel 3.14 Rasio tulangan susut dan suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350	0,0020
b	Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420	0,0018
c	Slab yang menggunakan tulangan	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

- Kontrol jarak spasi tulangan susut

$$S_{max} \leq 5 \times h$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.2)

Kontrol lendutan dan retak pelat

Momen Inersia penampang retak :

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot y^3 + n \cdot A_s \cdot (d - y)^3$$

(SNI 2847-2013 pasal 14.8.3)

Modulus keruntuhan beton :

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f_c'}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3)

Momen retak :

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3)

Momen Inersia efektif :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) \cdot I_{cr}$$

(SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.3)

3.5.4 Penulangan Sloof

1. Penulangan lentur

- Mencari nilai momen ultimate kanan dan kiri beserta gaya tarik (Nu) dari 10% gaya aksial pada kolom kanan atau kiri
- Hitung Mn

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

- Mencari nilai ρ_t dari diagram interaksi, dengan menghitung

$$\frac{M_u}{b \cdot h^2} \text{ dan } \frac{N_u}{b \cdot h}$$

- Hitung $A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot h$
- Cek perencanaan

$$\alpha = \frac{A_{s \text{ pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$M_{npsg} = 0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b \cdot \left(d_{pasang} - \frac{\alpha}{2}\right) \geq M_n$$

- Kontrol jarak tulangan :

$$s = \frac{bw - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \phi \text{ tul sengkang}) - (n \text{ tul sengkang})}{n-1}$$

Dimana : $s \geq 25 \text{ mm}$

2. Penulangan Geser

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Maka, tidak perlu tulangan geser.

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y}$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{max} 600 \text{ mm}$$

Kondisi 3

$$\varphi \times Vc < Vu \leq \varphi(Vc + Vs_{min})$$

Maka, perlu tulangan geser minimum.

$$Av_{min} = \frac{bw \times S}{3 \times f_y}$$

$$Vs_{min} = \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad \text{dan} \quad S_{max} 600 \text{ mm}$$

Kondisi 4

$$\varphi(Vc + Vs_{min}) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times bw \times d \right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\varphi \times Vs_{perlu} = Vu - \varphi \times Vc$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{S}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad \text{dan} \quad S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

Kondisi 5

$$\varphi \left(Vc + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times bw \times d \right) < Vu \leq \varphi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \times bw \times d \right)$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\varphi \times Vs_{perlu} = Vu - \varphi \times Vc$$

$$Vs = \frac{Av \times f_y \times d}{S}$$

$$S_{max} \leq \frac{d}{2} \quad \text{dan} \quad S_{max} \leq 600 \text{ mm}$$

Kondisi 6

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Maka, Perbesar penampang

Keterangan :

V_n : Tegangan geser nominal

V_c : Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

V_s : Kuat geser nominal yang

A_v : Luas tulangan geser disumbangkan oleh tulangan geser

3. Perhitungan Panjang Penyaluran

Berdasarkan SNI 2847–2013 Pasal 12.2

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/l_b harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3.15 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D – 19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D – 22 atau lebih besar
Spasi bersih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang disepanjang l_d tidak kurang dari persyaratan	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

minimum atau spasi besih batang – batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b		
Kasus – kasus lain	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_o}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir I_d harus sebesar :

$$I_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Dimana ruas pengekanan $(C_b + K_{tr}) / d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{s n}$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan. Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

3.6 Analisa Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh dengan menggunakan program SAP 2000 dan PCACOL. Setelah dianalisa maka dilakukan penulangan struktur berdasarkan data yang dihasilkan program SAP 2000 dan PCACOL. Kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. $U = 1,4D$
2. $U = 1,2D + 1,6L$
3. $U = 1,2D + 1,6 L + 0,5 R$
4. $U = 1,2D + 1L + 1,6 R$
5. $U = 0,9D + 1W$
6. $U = 1,0D + 1,0L + 0,5 R$
7. $U = 0,9D \pm 1,0 E_x \pm 0,3 E_y$
8. $U = 0,9D \pm 1,0 E_y \pm 0,3 E_x$
9. $U = 1,2D \pm 1E_x \pm 0,3 E_y + 1L$
10. $U = 1,2D \pm 1E_y \pm 0,3 E_x + 1L$

Keterangan :

U = Beban Ultimate

D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi seperti berat dinding, lantai, atap, dll

L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan bangunan.

E = Beban gempa

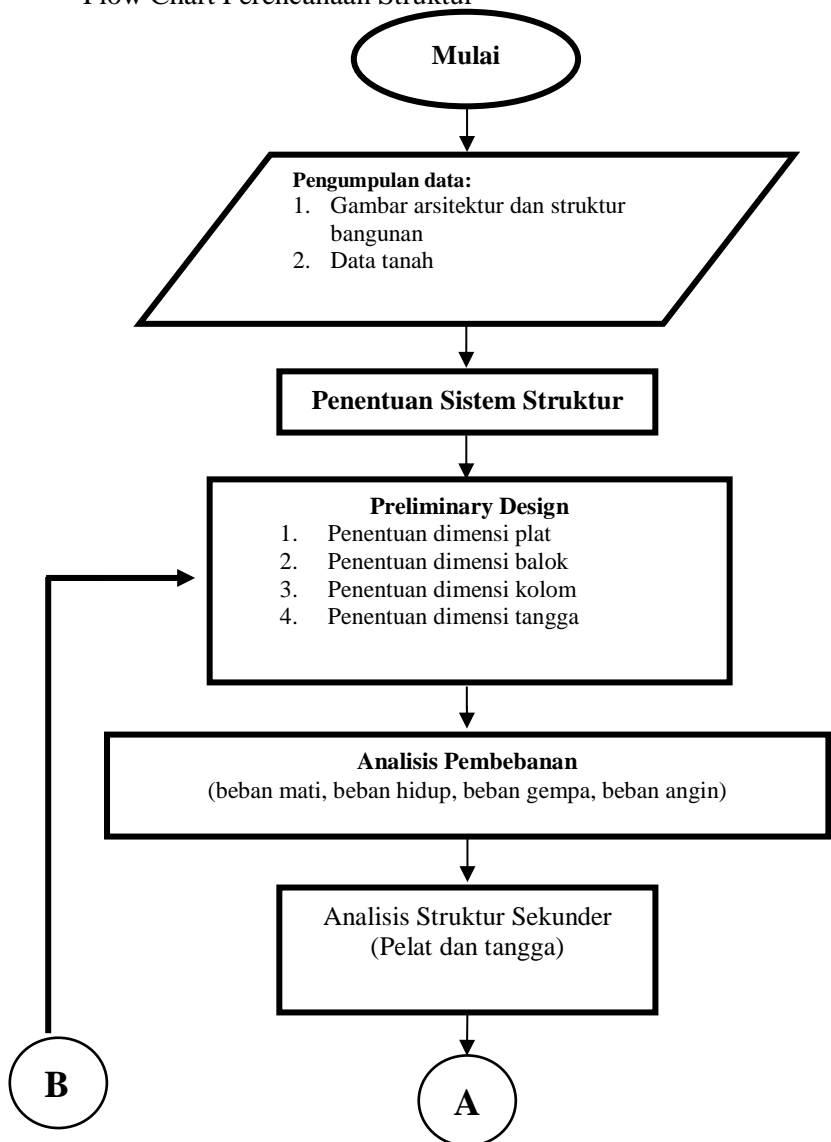
3.7 Gambar Rencana

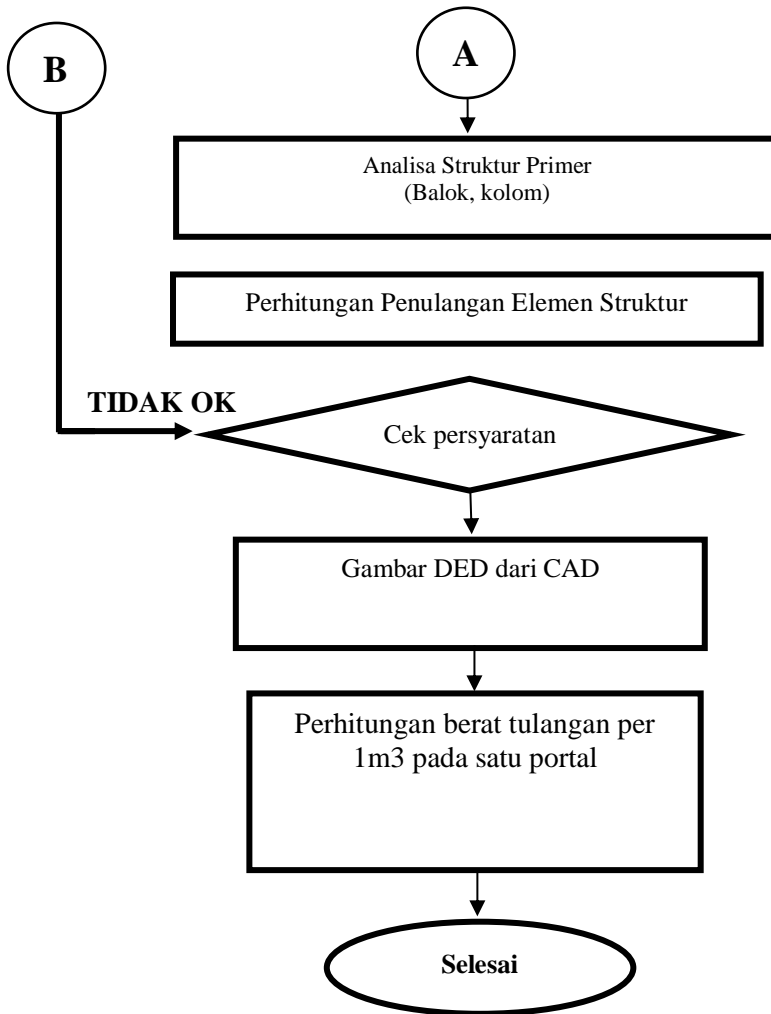
- a. Gambar arsitektur terdiri dari :
 - Gambar denah
 - Gambar tampak (tampak depan dan tampak samping)
- b. Gambar struktur terdiri dari :
 - Gambar potongan (potongan memanjang dan melintang)
 - Gambar denah pelat
 - Gambar denah tangga dan bordes
 - Gambar denah balok
 - Gambar denah kolom
 - Gambar denah sloof dan pondasi
- c. Gambar penulangan :
 - Detail penulangan plat
 - Detail penulangan tangga dan bordes

- Detail penulangan balok
 - Detail penulangan kolom
 - Detail penulangan sloof
 - Detail penulangan poer dan pondasi
- d. Gambar detail :
- Gambar Panjang penyaluran tangga
 - Gambar Panjang penyaluran balok
 - Gambar Panjang penyaluran kolom
 - Gambar Panjang penyaluran sloof
- e. Gambar portal :
- Gambar portal melintang
 - Gambar portal memanjang

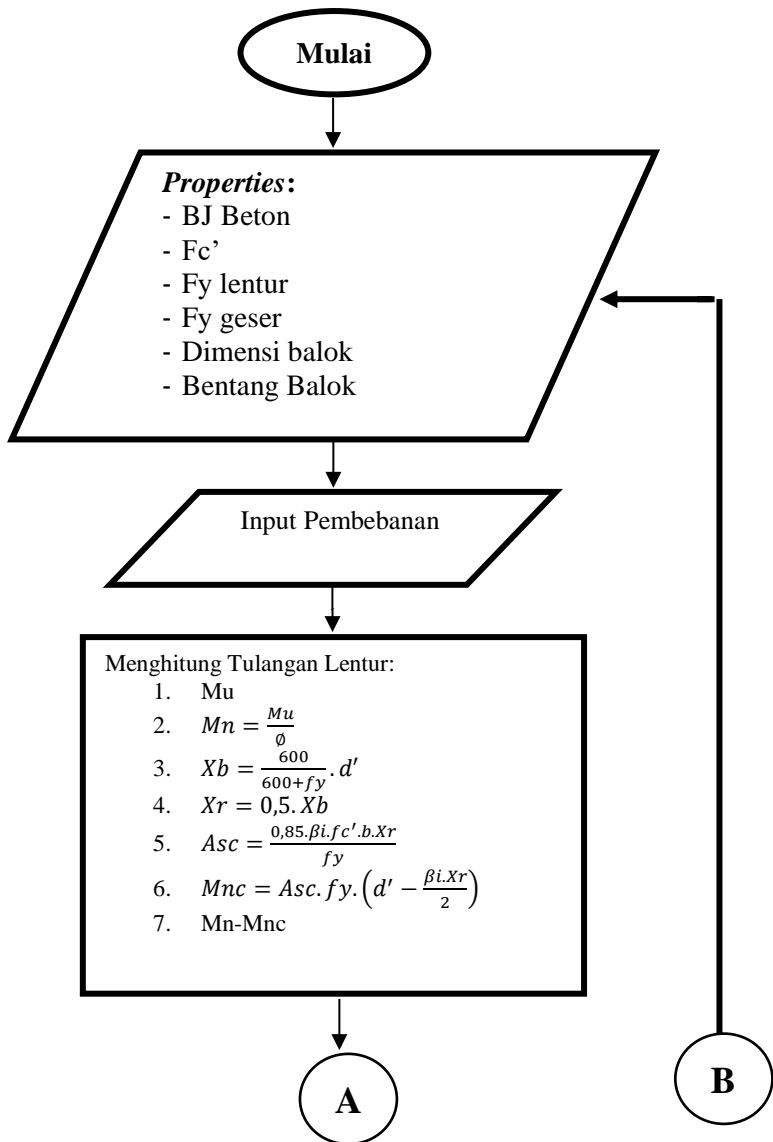
3.8 Flowchart

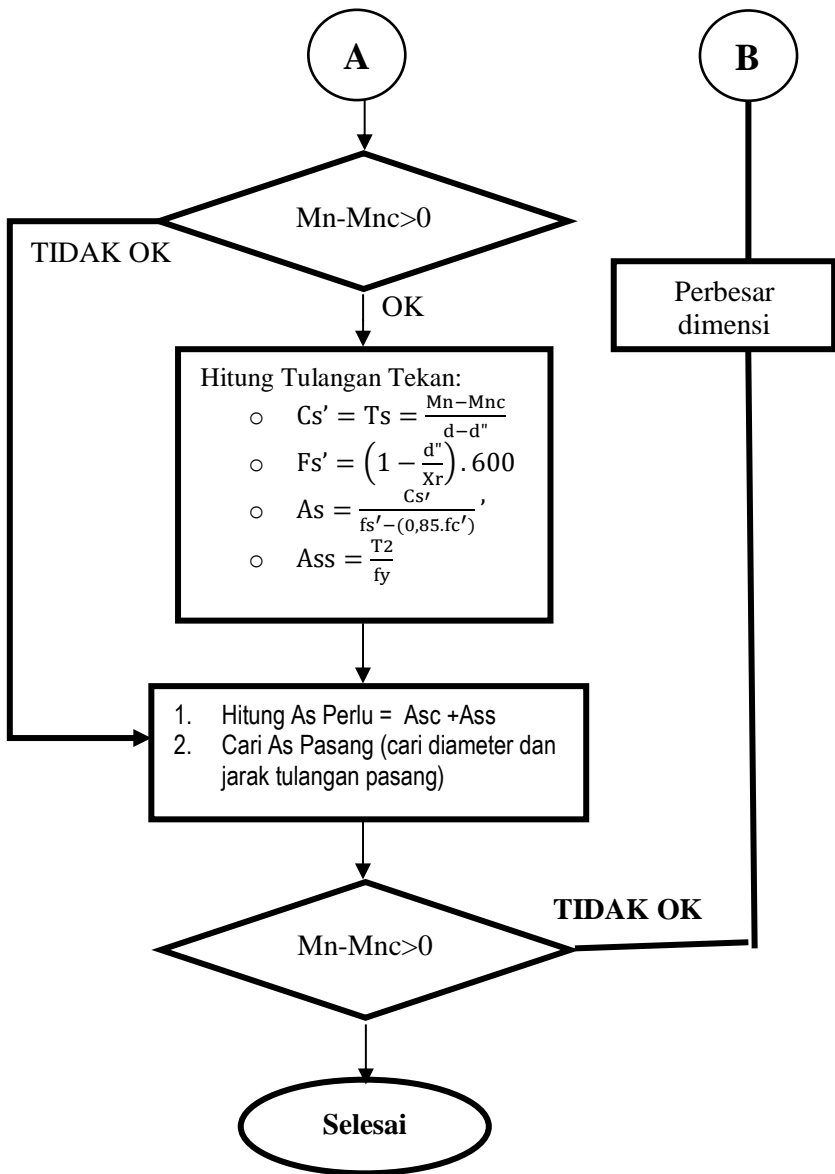
Flow Chart Perencanaan Struktur



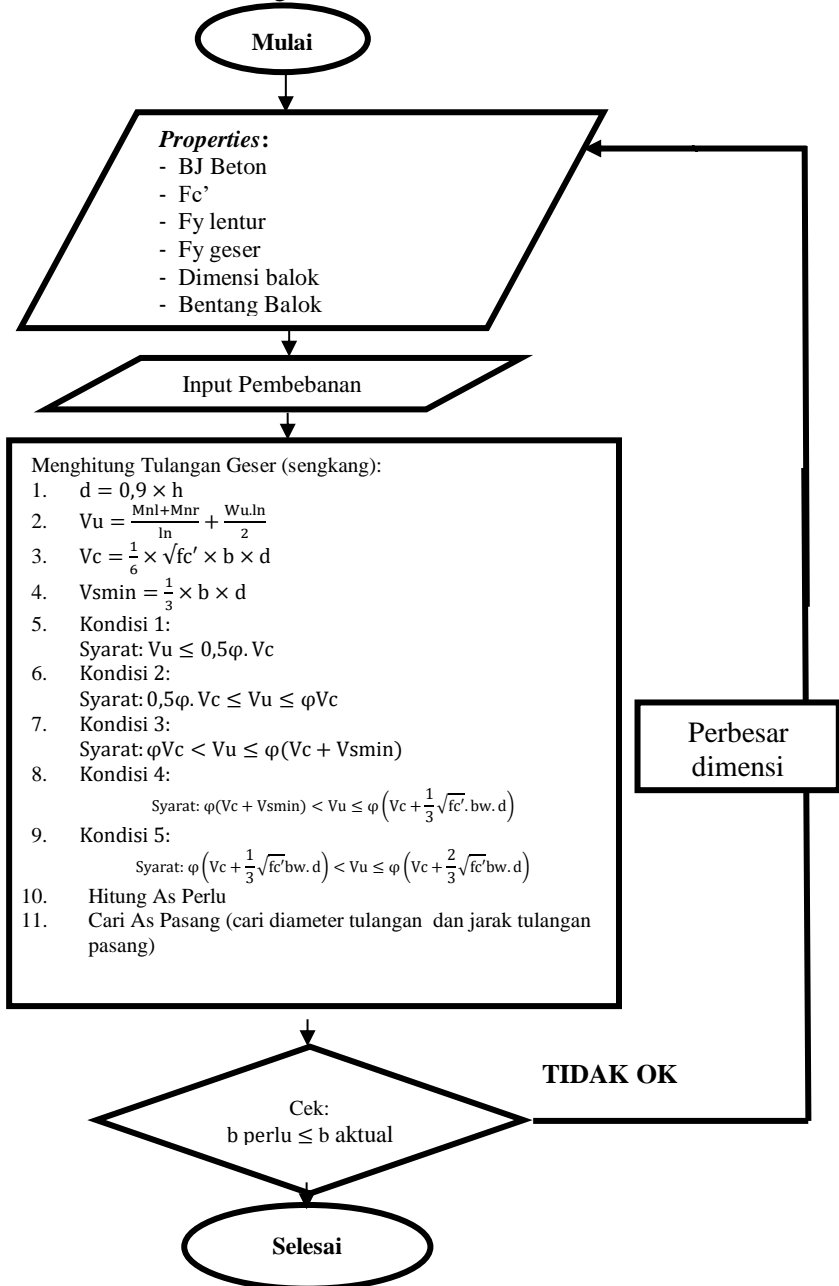


Flow Chart Penulangan Balok

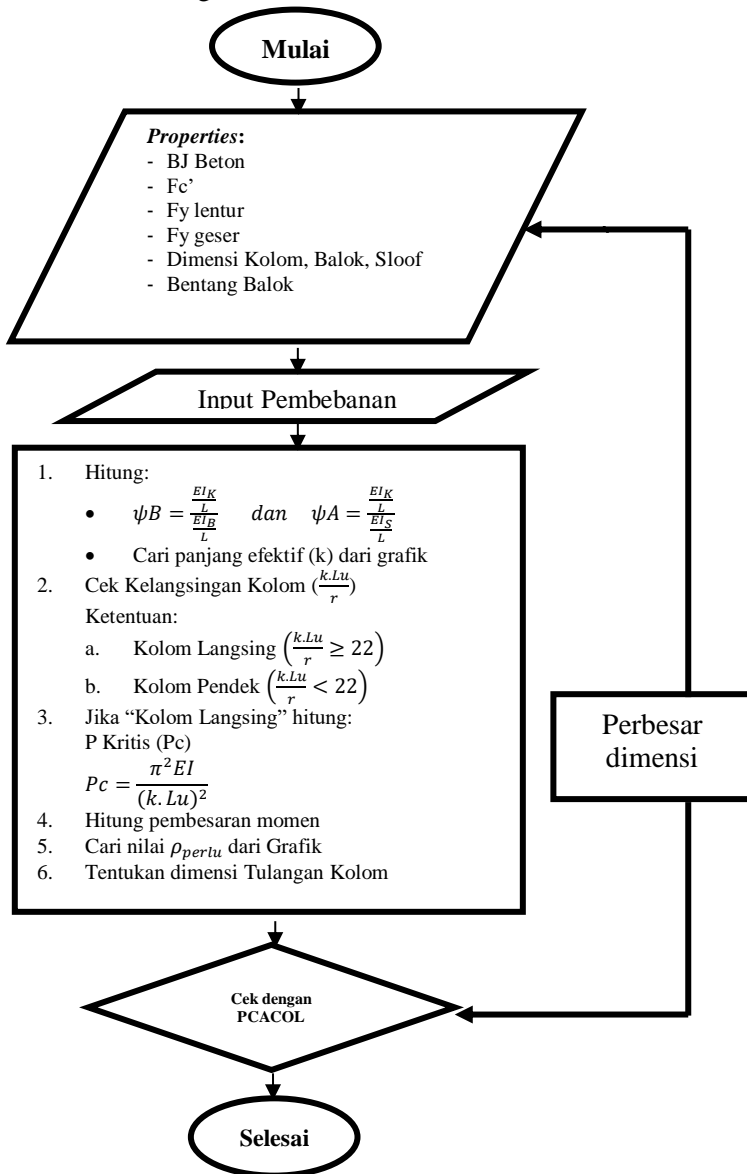




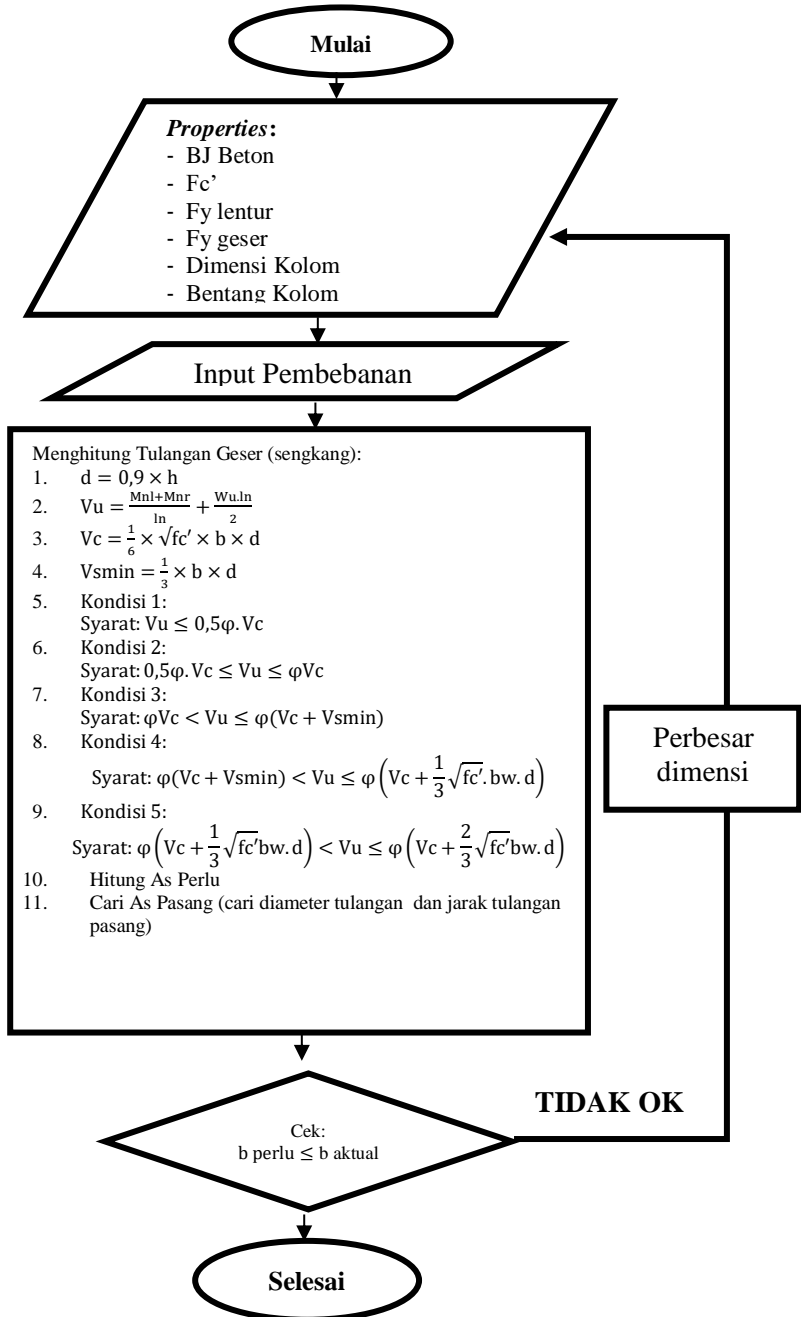
Flow Chart Penulangan Geser Balok



Flow Chart Penulangan Kolom



Flow Chart Penulangan Geser Kolom



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi-dimensi komponen struktur yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung tersebut.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

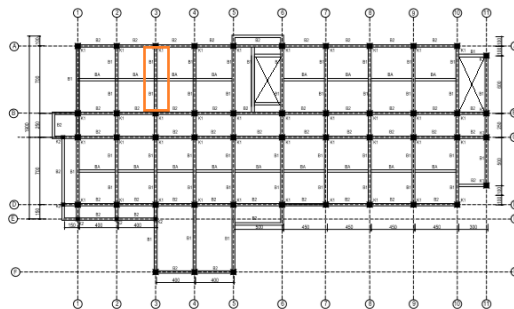
Dalam perencanaan dimensi balok terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi balok dalam perencanaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri adalah sebagai berikut :

▪ Balok Induk (1)

a. Data-data Perencanaan :

Tipe balok	: B1
As balok	: As 3 (A-B)
Bentang balok (L_{balok})	: 700 cm
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 Mpa
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa

b. Denah Pembalokan



Gambar 4.1 Denah Perencanaan Balok Induk 1

c. Perhitungan

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 700 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{1}{2} \times 60$$

$$h \geq 56,67 \text{ cm} \quad b \approx 30 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

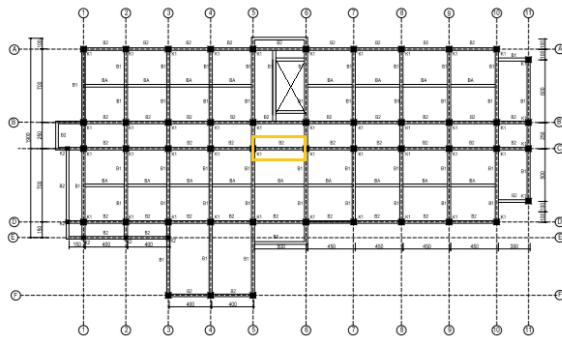
Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 30/60

▪ Balok Induk (2)

d. Data-data Perencanaan :

Tipe balok	: B1
As balok	: As C (5-6)
Bentang balok (L_{balok})	: 500 cm
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 Mpa
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa

e. Denah Pembalokan



Gambar 4.2 Denah Perencanaan Balok Induk 2

f. Perhitungan

$$h \geq \frac{1}{12} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{12} \times 500 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{1}{2} \times 50$$

$$h \geq 40,48 \text{ cm}$$

$$b \approx 25 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

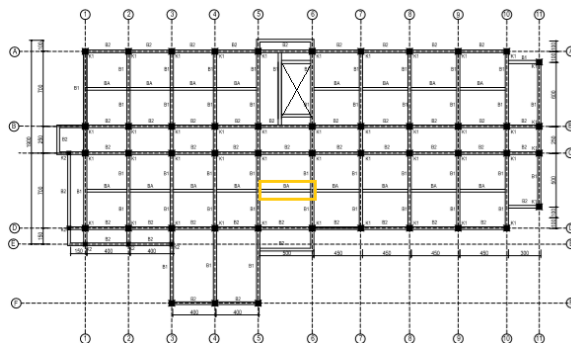
Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 25/50

■ Balok Anak

a. Data-data Perencanaan

Tipe balok	: BA
As balok	: As C' (5-6)
Bentang balok (L_{balok})	: 500 cm
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 Mpa
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa

b. Denah pembalokan



Gambar 4.3 Denah Perencanaan Balok Anak

c. Perhitungan

$$h \geq \frac{1}{21} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{1}{2} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{21} \times 500 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$b = \frac{1}{2} \times 25$$

$$h \geq 23,13 \text{ cm}$$

$$b \approx 15 \text{ cm}$$

$$h \approx 25 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan ukuran 25/45

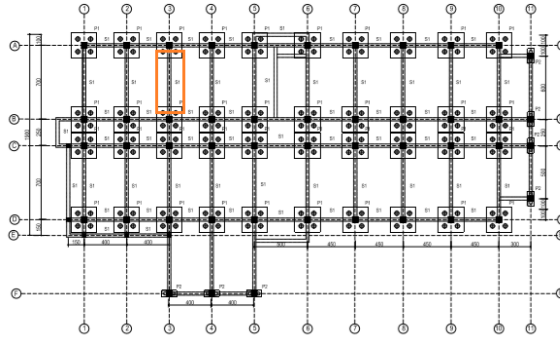
4.1.2 Perencanaan Dimensi Sloof

Dalam perencanaan dimensi sloof terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi sloof dalam perencanaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan

Tipe sloof	: S1
As sloof	: As 3 (A-B)
Bentang sloof (L_{sloof})	: 700 cm
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 Mpa
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa

b. Denah Perencanaan



Gambar 4.4 Denah Perencanaan Sloof

c. Perhitungan

$$\begin{aligned}
 h &\geq \frac{1}{16} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) & b &= \frac{1}{2} \times h \\
 h &\geq \frac{1}{16} \times 700 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) & b &= \frac{1}{2} \times 45 \\
 h &\geq 42,5 \text{ cm} & b &\approx 25 \text{ cm} \\
 h &\approx 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi sloof dengan ukuran 30/60

4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan gambar hasil perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan struktur gedung Kantor Mitra yatim Mandiri adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan

Tipe kolom	: K1
Tinggikolom(h_{kolom})	: 400 cm
Bentang balok (L_{balok})	: 700 cm
Lebar balok (b_{balok})	: 30 cm
Tinggi balok (h_{balok})	: 60 cm

b. Perhitungan

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

Dimana $h_k = b_k$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{h_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 30 \times 60^3}{700}$$

$$h \approx 43,87 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

$$h = b = 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 50/50

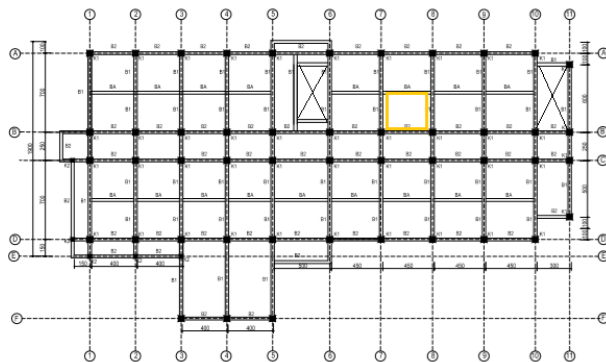
4.1.4 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam perencanaan dimensi pelat terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan

Tipe pelat	: P1
Kuat tekan beton (f_c')	: 25 Mpa
Kuat leleh tulangan (f_y)	: 400 Mpa
Rencana tebal pelat	: 12 cm
Bentang pelat sumbu panjang (L_y)	: 450 cm
Bentang pelat sumbu pendek (L_x)	: 350 cm
Dimensi balok as B' (7-8)	: 25/45
Dimensi balok as C (7-8)	: 25/50
Dimensi balok as 7 (B'-C)	: 30/60
Dimensi balok as 8 (B'-C)	: 30/60

b. Denah Perencanaan



Gambar 4.5 Denah Perencanaan Pelat Lantai

c. Perhitungan

✚ Bentang bersih pelat sumbu panjang (I_n)

$$I_n = I_y - \left(\frac{b_w}{2} + \frac{b_w}{2} \right)$$

$$I_n = 450 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right)$$

$$I_n = 420$$

✚ Bentang bersih pelat sumbu pendek (S_n)

$$S_n = I_y - \left(\frac{b_w}{2} + \frac{b_w}{2} \right)$$

$$S_n = 350 - \left(\frac{30}{2} + \frac{20}{2} \right)$$

$$S_n = 325$$

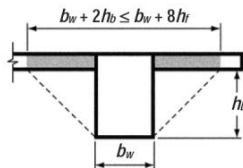
Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{I_n}{S_n}$$

$$\beta = \frac{420}{325}$$

$$\beta = 1,29 < 2 \text{ Two way slab (pelat dua arah)}$$

d. Tinjau balok as C (7-8)



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi plat (t)} = 12 \text{ cm}$$

Lebar efektif pelat

$$- b_{e1} = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h-t)$$

$$b_{e1} = 30 + 2(60-12)$$

$$b_{e1} = 126$$

$$- b_{e2} = b_w + (8 \times t)$$

$$b_{e2} = 30 + (8 \times 12)$$

$$b_{e2} = 126$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Maka yang digunakan yang nilai b_e terkecil adalah 136 cm

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,77$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,77 \cdot \frac{30 \cdot 60^3}{12}$$

$$I_b = 955800 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur plat (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (350 + 250)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 43200 \text{ cm}^4$$

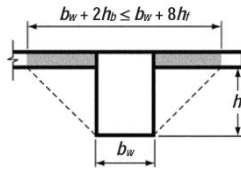
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{955800 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 22,13$$

e. Tinjau balok as 7 (B'-C), 8 (B'-C)



$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi plat (t)} = 12 \text{ cm}$$

$$- \quad b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h-t)$$

$$b_{e1} = 30 + 2(60-12)$$

$$b_{e1} = 126$$

$$- \quad b_{e2} = b_w + (8 \times t)$$

$$b_{e2} = 30 + (8 \times 12)$$

$$b_{e2} = 126$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Maka yang digunakan yang nilai b_e terkecil adalah 126 cm

▪ Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,77$$

▪ Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,77 \cdot \frac{30 \cdot 60^3}{12}$$

$$I_b = 955800 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur plat (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (450+450)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 64800 \text{ cm}^4$$

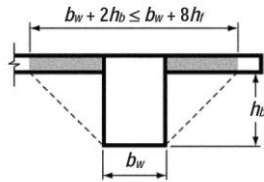
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{955800 \text{ cm}^4}{64800 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = \alpha_3 = 14,75$$

- f. Tinjau balok as C' (7-8)



$$b_w = 15 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$\text{asumsi plat } (t) = 12 \text{ cm}$$

$$- b_{e1} = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_{e1} = b_w + 2(h-t)$$

$$b_{e1} = 15 + 2(20-12)$$

$$b_{e1} = 31$$

$$- b_{e2} = b_w + (8 \times t)$$

$$b_{e2} = 15 + (8 \times 12)$$

$$b_{e2} = 111$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.4)

Maka yang digunakan yang nilai b_e terkecil adalah 31 cm

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{31}{15} - 1\right) \times \left(\frac{12}{20}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{20}\right) + 4 \left(\frac{12}{20}\right)^2 + \left(\frac{31}{15} - 1\right) \times \left(\frac{12}{20}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{31}{15} - 1\right) \times \left(\frac{12}{20}\right)}$$

$$k = 1,418$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,418 \cdot \frac{15 \cdot 20^3}{12}$$

$$I_b = 14180 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur plat (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5 (350 + 350)\} \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 50400 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{14180 \text{ cm}^4}{50400 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 0,281$$

Dari perhitungan di atas didapatkan,

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha = \frac{23,45 + 23,45 + 23,45 + 23,45}{4}$$

$$= 12,97$$

Berdasarkan **SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3(c)** Untuk α_m lebih besar dari 2h, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm
sehingga,

$$h = \frac{420 \times \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1,29)} > 90 \text{ mm}$$

$$h = 9,58 \text{ cm}$$

$$h = 95,8 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm

4.1.5 Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam perencanaan dimensi tangga terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan

Kuat tekan beton (f_c')	: 25 Mpa
Kuat leleh tulangan (f_y)	: 400 Mpa
Tebal Pelat	: 15 cm
Tulangan lentur	: 16 mm
Lebar Injakan (i)	: 30 cm
Tinggi Injakan (t)	: 16 cm
Tinggi tangga	: 400 cm
bordes	: 208 cm
datar tangga	: 360 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\text{tinggi bordes}^2 + \text{panjang tangga}^2} \\
 &= \sqrt{208^2 + 360^2}
 \end{aligned}$$

- $$= 415,769 \text{ cm}$$
- $$= 4,158 \text{ m}$$
- Jumlah tanjakan

$$n_t = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{tinggi tanjakan}}$$

$$= \frac{400}{16}$$

$$= 25 \text{ buah}$$
 - Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

$$= 25 - 1$$

$$= 24 \text{ buah}$$
 - Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{16}{30}$$

$$\alpha = 29,07^\circ$$

syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 29,07^\circ \leq 40^\circ \quad (\text{memenuhi})$$
 - Tebal efektif pelat tangga

Dengan perbandingan luas pada segitiga:

$$L\Delta_1 = L\Delta_2$$

$$\frac{1}{2} \times i \times t = \frac{1}{2} \times (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d$$

$$\frac{1}{2} \times 30 \times 16 = \frac{1}{2} \times (\sqrt{30^2 + 16^2}) \times d$$

$$240 = 17 \times d$$

$$d = 14,11$$

$$\frac{1}{2} \times d = 7,06 \text{ cm}$$

Maka tebal efektif pelat tangga yang digunakan adalah 15 cm

4.2 Pembebanan

4.2.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan pada struktur pelat berdasarkan SNI 1727:2013 dimana merupakan komponen struktur

sekunder dengan syarat runtuh terlebih dahulu daripada struktur primer. Dengan demikian dalam permodelan SAP 2000 tidak dimasukkan, sehingga harus direncanakan dibebankan dan dihitung sendiri. Dengan direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 9.2.1, yaitu $1,2DL + 1,6LL$.

a. Pelat Lantai

▪ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (12cm)	288	kg/m ²
Berat keramik (40x40) (brosur)	16.5	kg/m ²
Berat spesi (t=1cm) (PPUG1983)	21	kg/m ²
Plafond kalsiboard (BROSUR)	8.6	kg/m ²
Penggantung plafond	8	kg/m ²
Plumbing (PPIUG 1983)	25	kg/m ²
Mekanikal Elektrikal	40	kg/m ²
Total	407.1	kg/m²

▪ Beban Hidup

Lantai 2

Beban Hidup		
Ruang Kantor	288	kg/m ²
Ruang Baca	287	kg/m ²
Koridor	383	kg/m ²
Balkon	360	kg/m ²

Gudang	600	kg/m ²
--------	-----	-------------------

Lantai 3-4

Beban Hidup		
Ruang Kantor	288	kg/m ²
Koridor	383	kg/m ²
Gudang	600	kg/m ²
Balkon	360	kg/m ²

b. Pelat Atap

▪ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (12cm)	288	kg/m ²
Plafond kalsiboard (BROSUR)	8.6	kg/m ²
Penggantung plafond	8	kg/m ²
Plumbing (PPUG 1983)	25	kg/m ²
Waterproofing	5	kg/m ²
Mekanikal Elektrikal	40	kg/m ²
Total	374,6	kg/m²

▪ Beban Hidup

Beban Hidup		
Atap	96	kg/m ²

4.2.2 Pembebanan Tangga

Tangga juga merupakan struktur sekunder sama seperti pelat, dimana pembebanannya hanya dibebani oleh beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan

menggunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 9.2.1, yaitu 1,2DL + 1,6LL.

a. Pelat Tangga

▪ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (15cm)	360	kg/m ²
Berat anak tangga (7,5cm)	180	kg/m ²
Berat spesi (t=1cm) (PPUG1983)	21	kg/m ²
Berat keramik (40x40) (brosur)	24	kg/m ²
Railing	10	kg/m ²
Total	595	kg/m²

▪ Beban Hidup

Beban Hidup		
Tangga dan jalan keluar	479	kg/m ²

b. Pelat Bordes

▪ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (15cm)	360	kg/m ²
Berat spesi (t=1cm) (PPUG1983)	21	kg/m ²
Berat keramik (40x40) (brosur)	24	kg/m ²
Railing	10	kg/m ²
Total	415	kg/m²

▪ **Beban Hidup**

Beban Hidup		
Tangga dan jalan keluar	479	kg/m ²

4.2.3 **Pembebanan Dinding**

Pada SAP 2000, dinding tidak dimodelkan sehingga pembebanan akan langsung didistribusikan pada bagian atas struktur balok secara merata sebagai beban mati (DL).

Beban Mati		
Bata Ringan Citicon (10cm) (brosur)	60	kg/m ²
Plesteran (1cm) (brosur)	16	kg/m ²
Acian (1cm) (brosur)	3	kg/m ²
Total	79	kg/m²

Perhitungan :

- Beban merata lantai 1 = $H_1 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 78.5 \text{ kg/m}^2$
 $= 314 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 2 = $H_2 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 78.5 \text{ kg/m}^2$
 $= 314 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 3 = $H_3 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 78.5 \text{ kg/m}^2$
 $= 314 \text{ kg/m}$
- Beban merata lantai 4 = $H_4 \times \text{Total beban dinding}$
 $= 4 \text{ m} \times 78.5 \text{ kg/m}^2$
 $= 314 \text{ kg/m}$

4.2.4 **Beban Angin**

Prosedur perhitungan beban angin berdasarkan pada SNI 1727-2013.

1. Kategori resiko bangunan gedung = II
2. Kecepatan angin dasar (v) = 22 km/jam = 6,11 m/s

3. Parameter beban angin.

SNI 1727:2013 tabel 26.6-1

- Faktor arah angin (K_d) = 0,85

Tabel 4.1 Faktor arah angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^a
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85 0,85
Rangka batang menara Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85 0,95

- kategori eksposur = B

SNI 1727:2013 pasal 26.7

- Faktor topografi (K_{zt}) = 1

SNI 1727:2013 pasal 26.8.2

- Faktor efek tiupan angin (G) = 0,85

SNI 1727:2013 pasal 26.9.1

- Kategori ketertutupan = tertutup

- Koefisien tekanan internal (G_{Cpi}) = + 0,18
- 0,18

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

Tabel 4.2 Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

4. Koefisien eksposur tekanan velositas.
Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1

Tabel 4.3 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Tinggi bangunan (z) = 16 m

Interpolasi nilai z :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{16 - 15,2}{18 - 15,2} = \frac{y - 0,81}{0,85 - 0,81}$$

$$\frac{0,8}{2,8} = \frac{y - 0,81}{0,04}$$

$$y = 0,82$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B $\rightarrow \alpha = 7$

$$z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{16}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}}$$

$$K_z = 0,82$$

Maka, $K_z = K_h = 0,82$

(karena atap datar)

5. Tekanan velositas.

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d V^2$$

$$= 0,613 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 85 \cdot (6,11 \text{ m/s})^2$$

$$= 15,95 \text{ N/m}^2 = 1,59 \text{ kg/m}^2$$

$$q_h = 0,613 \cdot K_h \cdot K_{zt} \cdot K_d V^2$$

$$= 0,613 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 85 \cdot (6,11 \text{ m/s})^2$$

$$= 15,95 \text{ N/m}^2 = 1,59 \text{ kg/m}^2$$

6. Koefisien tekanan eksternal.

L = dimensi horizontal bangunan gedung diukur tegak lurus terhadap arah angin 40 m

B = dimensi vertikal bangunan gedung diukur sejajar terhadap arah angin 40 m

Tabel 4.4 Koefisien Tekanan Dinding

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

- Dinding di sisi angin datang (q_z)
 $C_p = 0,8$
- Dinding di sisi angin pergi (q_h)
 $\frac{L}{B} = \frac{36 \text{ m}}{19,5 \text{ m}} = 1,8$
 $C_p = - 0,34$
- Dinding tepi (q_h)
 $C_p = - 0,7$

7. Tekanan Angin

Sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

- Dinding di sisi angin datang
 $p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$
 $p = 15,95 \times 0,85 \times 0,8 - 0 \cdot (+0,18)$
 $p = 10,76 \text{ N/m}^2 = 1,08 \text{ kg/m}^2$
- Dinding di sisi angin pergi
 $p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$
 $p = 15,95 \times 0,85 \times (-0,34) - 0 \cdot (+0,18)$
 $p = -4,64 \text{ N/m}^2 = -0,47 \text{ kg/m}^2$
- Dinding tepi
 $p = q \cdot G \cdot C_{pi} - q_i \cdot (GC_{pi})$
 $p = 15,95 \times 0,85 \times (-0,7) - 0 \cdot (+0,18)$
 $p = -9,54 \text{ N/m}^2 = -0,97 \text{ kg/m}^2$

4.2.5 Beban Gempa

Prosedur perhitungan beban gempa dengan metode statik ekuivalen berdasarkan pada **SNI 1726-2012 pasal 5.3** jenis kategori tanah dibedakan menjadi tanah keras, sedang, lunak, khusus. Jenis tanah pada lokasi bangunan adalah tanah keras maka menggunakan perhitungan data SPT berikut ini:

1. Klasifikasi situs

Tabel 4.5 Data SPT

Lapisan ke	Tebal Lapisan (di) (m)	Ni	di/Ni
1	7	10	0.7000
2	6	20	0.3000
3	12	32	0.3750
4	15	47.5	0.3158
Σ	40		1.6908

Berdasarkan nilai SPT diatas didapatkan :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}} = \frac{40}{1.6908} = 23,6$$

Berdasarkan Klasifikasi situs **SNI 1726-2012 Tabel 3**, tanah pada lokasi proyek termasuk ke dalam situs SD (Tanah Sedang).

2. Faktor keutamaan bangunan (I_e)

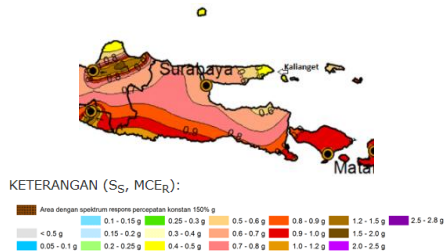
Kategori resiko dan faktor keutamaan gempa berdasarkan **SNI 1726-2012 pasal 4.1.2**, untuk Bangunan Kantor termasuk kategori II.

Tabel 4.6 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor keutamaan gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

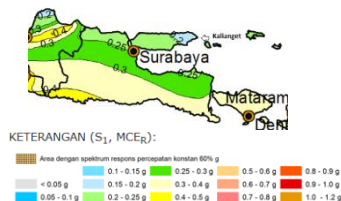
3. Menentukan parameter pergerakan tanah

- Parameter percepatan gempa (S_s dan S_1)
 Nilai S_s dan S_1 didapat berdasarkan peta hazard Gempa Indonesia 2010 dengan lokasi bangunan di Kalianget.



Gambar 4.7 Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (1)

$S_s = 0,48 \text{ g}$



Gambar 4.6 Peta Hazard gempa Indonesia tahun 2010 (2)

$S_1 = 0,19 \text{ g}$

- Koefisien situs (F_a dan F_v)
 Nilai F_a dan F_v berdasarkan **SNI 1726:2012**
Tabel 4 dan 5.

Koefisien F_a

S_s	F_a
0,25	1,6
0,50	1,4

Dari hasil interpolasi linier, untuk S_s 0,48 maka
 $F_a = 1,42$

Koefisien F_v

S₁	F_v
0,10	2,0
0,20	2,4

Dari hasil interpolasi linier, untuk S_1 0,19 maka
 $F_v = 2,04$

- Parameter respon spectral
 Koefisien situs berdasarkan **SNI 1726:2012**
Pasal 6.2

$$\begin{aligned}
 S_{ms} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,42 \times 0,48 \\
 &= 0,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{m1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 2,04 \times 0,19 \\
 &= 0,39
 \end{aligned}$$

- Parameter percepatan spectral desain
 Berdasarkan **SNI 1726:2012 Pasal 6.3**

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= 2/3 \times S_{ms} \\
 &= 2/3 \times 0,68 \\
 &= 0,453 \\
 S_{D1} &= 2/3 \times S_{m1} \\
 &= 2/3 \times 0,39 \\
 &= 0,258
 \end{aligned}$$

4. Menentukan perioda fundamental pendekatan

Berdasarkan **SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1** dimana sebagai alternatif, diijinkan menentukan T_a dari persamaan dibawah untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tingkat paling sedikit 3 m.
 $T_a = 0,1N$

N adalah jumlah tingkat.

Maka, $T_a = 0,1 \times (4) = 0,4$

5. Koefisien respons seismic

Sesuai **SNI 1726:2012 tabel 1 dan 2** fungsi bangunan sebagai gedung perkuliahan, maka termasuk dalam kategori resiko II

$$I_e = 1,0$$

Sesuai **SNI 1726:2012 tabel 9** menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah $R=5$

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\frac{R}{I_e}}$$

$$C_s = \frac{0,453}{\frac{5}{1,0}} = 0,091$$

$$C_{smin} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,453 \times 1,0 \geq 0,01$$

$$= 0,020 \geq 0,01$$

(MEMENUHI)

$$C_{S_{\min}} < C_s$$

$$0,020 < 0,091 \text{ (MEMENUHI)}$$

Maka digunakan $C_s = 0,091$

6. Berat seismik efektif total struktur

Berdasarkan perhitungan berat struktur yang dilampirkan, didapatkan :

Tabel 4.7 Berat seismik efektif bangunan

W	Jenis Beban		Berat (kg)
	Beban Mati	Beban Hidup	
W1	252120.70	11103.22	263223.92
W2	414085.62	235218.44	649304.06
W3	375780.84	220585.44	596366.28
W4	351256.20	193020.44	544276.64
W5	214627.31	67948.8	282576.11
Total Berat (W total)			2335747.01

7. Gaya geser seismik

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,091 \times 2335747,01$$

$$= 211674,737$$

8. Distribusi vertikal gaya gempa

Nilai K

T	K
0,5	1
0,565	x

2,5	2
-----	---

Dengan interpolasi linear didapatkan nilai $k = 1,03$

Dimana,

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum W_x \cdot h_x^k}$$

SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 31

$$F_x = C_{vx} \times V$$

SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 30

Cek gaya geser,

Tabel 4.8 Gaya Geser Horizontal Bangunan

Lantai	W_x (kg)	h_x (m)	$w_x \cdot h_x^k$ (kg.m)	C_{vx}	V (kg)	F_x (kg)
F1	263223.92	0	0	0	211674.737	0
F2	649304.06	4	2707509.014	0.137188		29039.28
F3	596366.28	8	5078035.917	0.257302		54464.26
F4	544276.64	12	7036819.003	0.356552		75473.11
F5	282576.11	16	4913364.917	0.248958		52698.09
Σ	2335747.01		19735728.85			211674.7

$$V = F1 + F2 + F3 + F4 + F5$$

$$211674,737 = 211674,737 \text{ (OK)}$$

9. Beban gempa perkolom

Tabel 4.9 Eksentrisitas Bangunan

Lantai	Pusat massa		Pusat kekakuan		Eksentrisitas	
	x	y	x	y	x	y
1	19.97	9.09	19.32	9.66	0.6541	0.5642
2	19.371	9.224	19.32	9.66	0.0533	0.4312
3	20.20	8.79	19.83	9.59	0.3648	0.7982
4	20.49	8.35	20.10	9.31	0.3934	0.9565
Atap	20.825	7.976	20.42	8.37	0.4009	0.3975

- **Lantai 1 (Dasar)**

$$F_{ix} = 0$$

$$F_{iy} = 0$$

- **Lantai 2**

$$\text{Eksentrisitas X} = 0,053 \text{ m}$$

$$\text{Eksentrisitas Y} = 0,431 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_x &= \text{Eksentrisitas X} \cdot F_2 \\ &= 0,053 \text{ m} \cdot 29039,28 \text{ kg} \\ &= 1539,08 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= \text{Eksentrisitas Y} \cdot F_2 \\ &= 0,431 \text{ m} \cdot 29039,28 \text{ kg} \\ &= 12515,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Gaya gempa tiap kolom Lantai 2

AS	X'	Y'	X' ²	Y' ²	F _x	F _y
A1	-19.82	-9.47	392.85	89.74	615.42	576.53
A2	-18.82	-9.47	354.21	89.74	615.55	576.53
A3	-17.82	-9.47	317.57	89.74	615.67	576.53
A4	-16.82	-9.47	282.93	89.74	615.79	576.53
A5	-15.82	-9.47	250.29	89.74	615.91	576.53
A6	-14.57	-9.47	212.30	89.74	616.07	576.53
A7	-13.45	-9.47	180.78	89.74	616.21	576.53
A8	-12.32	-9.47	151.79	89.74	616.34	576.53
A9	-11.20	-9.47	125.34	89.74	616.48	576.53
A10	-10.07	-9.47	101.41	89.74	616.62	576.53
B11	-9.32	-8.97	86.87	80.52	616.71	578.71
C1	-19.82	-7.72	392.85	59.65	615.42	584.17
C2	-18.82	-7.72	354.21	59.65	615.55	584.17
C3	-17.82	-7.72	317.57	59.65	615.67	584.17
C4	-16.82	-7.72	282.93	59.65	615.79	584.17
C5	-15.82	-7.72	250.29	59.65	615.91	584.17
C6	-14.57	-7.72	212.30	59.65	616.07	584.17
C7	-13.45	-7.72	180.78	59.65	616.21	584.17
C8	-12.32	-7.72	151.79	59.65	616.34	584.17
C9	-11.20	-7.72	125.34	59.65	616.48	584.17
C10	-10.07	-7.72	101.41	59.65	616.62	584.17

C11	-9.32	-7.72	86.87	59.65	616.71	584.17
D1	-19.82	-7.10	392.85	50.39	615.42	586.89
D2	-18.82	-7.10	354.21	50.39	615.55	586.89
D3	-17.82	-7.10	317.57	50.39	615.67	586.89
D4	-16.82	-7.10	282.93	50.39	615.79	586.89
D5	-15.82	-7.10	250.29	50.39	615.91	586.89
D6	-14.57	-7.10	212.30	50.39	616.07	586.89
D7	-13.45	-7.10	180.78	50.39	616.21	586.89
D8	-12.32	-7.10	151.79	50.39	616.34	586.89
D9	-11.20	-7.10	125.34	50.39	616.48	586.89
D10	-10.07	-7.10	101.41	50.39	616.62	586.89
D11	-9.32	-7.10	86.87	50.39	616.71	586.89
D'11	-9.32	-5.85	86.87	34.20	616.71	592.35
E1	-19.82	-5.35	392.85	28.60	615.42	594.53
E2	-18.82	-5.35	354.21	28.60	615.55	594.53
E3	-17.82	-5.35	317.57	28.60	615.67	594.53
E4	-16.82	-5.35	282.93	28.60	615.79	594.53
E5	-15.82	-5.35	250.29	28.60	615.91	594.53
E6	-14.57	-5.35	212.30	28.60	616.07	594.53
E7	-13.45	-5.35	180.78	28.60	616.21	594.53
E8	-12.32	-5.35	151.79	28.60	616.34	594.53
E9	-11.20	-5.35	125.34	28.60	616.48	594.53
E10	-10.07	-5.35	101.41	28.60	616.62	594.53
F'3	-17.82	-3.60	317.57	12.95	615.67	602.16
F'4	-16.82	-3.60	282.93	12.95	615.79	602.16
F'5	-15.82	-3.60	250.29	12.95	615.91	602.16
F1	-19.82	-7.85	392.85	61.68	615.42	583.60
F2	-19.46	-7.85	378.71	61.68	615.47	583.60
F3	-19.10	-7.85	364.83	61.68	615.51	583.60
D1'	-19.96	-8.62	398.22	74.28	615.41	580.26
E1'	-19.96	-7.99	398.22	63.81	615.41	583.01

▪ **Lantai 3**

Eksentrisitas X = 0.365 m

Eksentrisitas Y = 0,798 m

M_x = Eksentrisitas X. F3

= 0.365 m . 54465,25 kg

= 19876,82 kg.m

M_y = Eksentrisitas Y. F3

= 0,798 m . 54465,25 kg

= 43643,27 kg.m

Tabel 4.11 gaya gempa tiap kolom Lantai 3

AS	X'	Y'	X' ²	Y' ²	Fx	Fy
A1	-20.33	-8.55	413.42	73.18	1205.57	1068.80
A2	-19.33	-8.55	373.76	73.18	1207.16	1068.80
A3	-18.33	-8.55	336.09	73.18	1208.75	1068.80
A4	-17.33	-8.55	300.42	73.18	1210.33	1068.80
A5	-16.33	-8.55	266.76	73.18	1211.92	1068.80
A6	-15.08	-8.55	227.49	73.18	1213.90	1068.80
A7	-13.96	-8.55	194.82	73.18	1215.69	1068.80
A8	-12.83	-8.55	164.68	73.18	1217.47	1068.80
A9	-11.71	-8.55	137.07	73.18	1219.25	1068.80
A10	-10.58	-8.55	111.99	73.18	1221.04	1068.80
B11	-9.83	-8.05	96.68	64.88	1222.23	1078.67
C1	-20.33	-6.80	413.42	46.30	1205.57	1103.37
C2	-19.33	-6.80	373.76	46.30	1207.16	1103.37
C3	-18.33	-6.80	336.09	46.30	1208.75	1103.37
C4	-17.33	-6.80	300.42	46.30	1210.33	1103.37
C5	-16.33	-6.80	266.76	46.30	1211.92	1103.37
C6	-15.08	-6.80	227.49	46.30	1213.90	1103.37
C7	-13.96	-6.80	194.82	46.30	1215.69	1103.37
C8	-12.83	-6.80	164.68	46.30	1217.47	1103.37
C9	-11.71	-6.80	137.07	46.30	1219.25	1103.37
C10	-10.58	-6.80	111.99	46.30	1221.04	1103.37
C11	-9.83	-6.80	96.68	46.30	1222.23	1103.37
D1	-20.33	-6.18	413.42	38.19	1205.57	1115.72

D2	-19.33	-6.18	373.76	38.19	1207.16	1115.72
D3	-18.33	-6.18	336.09	38.19	1208.75	1115.72
D4	-17.33	-6.18	300.42	38.19	1210.33	1115.72
D5	-16.33	-6.18	266.76	38.19	1211.92	1115.72
D6	-15.08	-6.18	227.49	38.19	1213.90	1115.72
D7	-13.96	-6.18	194.82	38.19	1215.69	1115.72
D8	-12.83	-6.18	164.68	38.19	1217.47	1115.72
D9	-11.71	-6.18	137.07	38.19	1219.25	1115.72
D10	-10.58	-6.18	111.99	38.19	1221.04	1115.72
D11	-9.83	-6.18	96.68	38.19	1222.23	1115.72
D'11	-9.83	-4.93	96.68	24.30	1222.23	1140.42
E1	-20.33	-4.43	413.42	19.62	1205.57	1150.30
E2	-19.33	-4.43	373.76	19.62	1207.16	1150.30
E3	-18.33	-4.43	336.09	19.62	1208.75	1150.30
E4	-17.33	-4.43	300.42	19.62	1210.33	1150.30
E5	-16.33	-4.43	266.76	19.62	1211.92	1150.30
E6	-15.08	-4.43	227.49	19.62	1213.90	1150.30
E7	-13.96	-4.43	194.82	19.62	1215.69	1150.30
E8	-12.83	-4.43	164.68	19.62	1217.47	1150.30
E9	-11.71	-4.43	137.07	19.62	1219.25	1150.30
E10	-10.58	-4.43	111.99	19.62	1221.04	1150.30
F1	-20.33	-6.93	413.42	48.09	1205.57	1100.80
F2	-19.97	-6.93	398.91	48.09	1206.15	1100.80
F3	-19.61	-6.93	384.66	48.09	1206.72	1100.80
D1'	-20.47	-7.70	418.93	59.28	1205.36	1085.69
E1'	-20.47	-7.07	418.93	49.98	1205.36	1098.14

▪ **Lantai 4**

Eksentrisitas X = 0,393 m

Eksentrisitas Y = 0,957 m

M_x = Eksentrisitas X. F4

= 0,393 m . 75473,11 kg

= 29660,93 kg.m

M_y = Eksentrisitas Y. F4

= 0,957 m . 75473,11 kg

= 72227,77 kg.m

Tabel 4.12 Gaya gempa tiap kolom Lantai 4

AS	X'	Y'	X' ²	Y' ²	F _x	F _y
A1	-21.09	-8.25	444.83	68.06	1660.95	1380.08
A2	-20.09	-8.25	403.64	68.06	1663.52	1380.08
A3	-19.09	-8.25	364.46	68.06	1666.10	1380.08
A4	-18.09	-8.25	327.28	68.06	1668.68	1380.08
A5	-17.09	-8.25	292.10	68.06	1671.25	1380.08
A6	-15.84	-8.25	250.93	68.06	1674.48	1380.08
A7	-14.72	-8.25	216.56	68.06	1677.37	1380.08
A8	-13.59	-8.25	184.71	68.06	1680.27	1380.08
A9	-12.47	-8.25	155.40	68.06	1683.17	1380.08
A10	-11.34	-8.25	128.62	68.06	1686.07	1380.08
B11	-10.59	-7.75	112.17	60.06	1688.00	1400.40
C1	-21.09	-6.50	444.83	42.25	1660.95	1451.19
C2	-20.09	-6.50	403.64	42.25	1663.52	1451.19
C3	-19.09	-6.50	364.46	42.25	1666.10	1451.19
C4	-18.09	-6.50	327.28	42.25	1668.68	1451.19
C5	-17.09	-6.50	292.10	42.25	1671.25	1451.19
C6	-15.84	-6.50	250.93	42.25	1674.48	1451.19
C7	-14.72	-6.50	216.56	42.25	1677.37	1451.19
C8	-13.59	-6.50	184.71	42.25	1680.27	1451.19
C9	-12.47	-6.50	155.40	42.25	1683.17	1451.19
C10	-11.34	-6.50	128.62	42.25	1686.07	1451.19
C11	-10.59	-6.50	112.17	42.25	1688.00	1451.19
D1	-21.09	-5.88	444.83	34.52	1660.95	1476.58

D2	-20.09	-5.88	403.64	34.52	1663.52	1476.58
D3	-19.09	-5.88	364.46	34.52	1666.10	1476.58
D4	-18.09	-5.88	327.28	34.52	1668.68	1476.58
D5	-17.09	-5.88	292.10	34.52	1671.25	1476.58
D6	-15.84	-5.88	250.93	34.52	1674.48	1476.58
D7	-14.72	-5.88	216.56	34.52	1677.37	1476.58
D8	-13.59	-5.88	184.71	34.52	1680.27	1476.58
D9	-12.47	-5.88	155.40	34.52	1683.17	1476.58
D10	-11.34	-5.88	128.62	34.52	1686.07	1476.58
D11	-10.59	-5.88	112.17	34.52	1688.00	1476.58
D'11	-10.59	-4.63	112.17	21.39	1688.00	1527.37
E1	-21.09	-4.13	444.83	17.02	1660.95	1547.69
E2	-20.09	-4.13	403.64	17.02	1663.52	1547.69
E3	-19.09	-4.13	364.46	17.02	1666.10	1547.69
E4	-18.09	-4.13	327.28	17.02	1668.68	1547.69
E5	-17.09	-4.13	292.10	17.02	1671.25	1547.69
E6	-15.84	-4.13	250.93	17.02	1674.48	1547.69
E7	-14.72	-4.13	216.56	17.02	1677.37	1547.69
E8	-13.59	-4.13	184.71	17.02	1680.27	1547.69
E9	-12.47	-4.13	155.40	17.02	1683.17	1547.69
E10	-11.34	-4.13	128.62	17.02	1686.07	1547.69

▪ **Lantai Atap**

Eksentrisitas X = 0,401 m

Eksentrisitas Y = 0,398 m

M_x = Eksentrisitas X. F5

= 0,401 m . 52698,09 kg

= 21131,93 kg.m

M_y = Eksentrisitas Y. F5

= 0,398 m . 52698,09 kg

= 20973,84kg.m

Tabel 4.13 Gaya gempa tiap kolom Lantai atap

AS	X'	Y'	X' ²	Y' ²	Fx	Fy
A1	-21.09	-8.25	444.83	68.06	1159.02	1100.41
A2	-20.09	-8.25	403.64	68.06	1160.85	1100.41
A3	-19.09	-8.25	364.46	68.06	1162.68	1100.41
A4	-18.09	-8.25	327.28	68.06	1164.52	1100.41
A5	-17.09	-8.25	292.10	68.06	1166.35	1100.41
A6	-15.84	-8.25	250.93	68.06	1168.64	1100.41
A7	-14.72	-8.25	216.56	68.06	1170.70	1100.41
A8	-13.59	-8.25	184.71	68.06	1172.77	1100.41
A9	-12.47	-8.25	155.40	68.06	1174.83	1100.41
A10	-11.34	-8.25	128.62	68.06	1176.89	1100.41
B11	-10.59	-7.75	112.17	60.06	1178.27	1106.31
C1	-21.09	-6.50	444.83	42.25	1159.02	1121.04
C2	-20.09	-6.50	403.64	42.25	1160.85	1121.04
C3	-19.09	-6.50	364.46	42.25	1162.68	1121.04
C4	-18.09	-6.50	327.28	42.25	1164.52	1121.04
C5	-17.09	-6.50	292.10	42.25	1166.35	1121.04
C6	-15.84	-6.50	250.93	42.25	1168.64	1121.04
C7	-14.72	-6.50	216.56	42.25	1170.70	1121.04
C8	-13.59	-6.50	184.71	42.25	1172.77	1121.04
C9	-12.47	-6.50	155.40	42.25	1174.83	1121.04
C10	-11.34	-6.50	128.62	42.25	1176.89	1121.04
C11	-10.59	-6.50	112.17	42.25	1178.27	1121.04
D1	-21.09	-5.88	444.83	34.52	1159.02	1128.41
D2	-20.09	-5.88	403.64	34.52	1160.85	1128.41
D3	-19.09	-5.88	364.46	34.52	1162.68	1128.41
D4	-18.09	-5.88	327.28	34.52	1164.52	1128.41
D5	-17.09	-5.88	292.10	34.52	1166.35	1128.41
D6	-15.84	-5.88	250.93	34.52	1168.64	1128.41
D7	-14.72	-5.88	216.56	34.52	1170.70	1128.41
D8	-13.59	-5.88	184.71	34.52	1172.77	1128.41
D9	-12.47	-5.88	155.40	34.52	1174.83	1128.41
D10	-11.34	-5.88	128.62	34.52	1176.89	1128.41

D11	-10.59	-5.88	112.17	34.52	1178.27	1128.41
D'11	-10.59	-4.63	112.17	21.39	1178.27	1143.15
E1	-21.09	-4.13	444.83	17.02	1159.02	1149.05
E2	-20.09	-4.13	403.64	17.02	1160.85	1149.05
E3	-19.09	-4.13	364.46	17.02	1162.68	1149.05
E4	-18.09	-4.13	327.28	17.02	1164.52	1149.05
E5	-17.09	-4.13	292.10	17.02	1166.35	1149.05
E6	-15.84	-4.13	250.93	17.02	1168.64	1149.05
E7	-14.72	-4.13	216.56	17.02	1170.70	1149.05
E8	-13.59	-4.13	184.71	17.02	1172.77	1149.05
E9	-12.47	-4.13	155.40	17.02	1174.83	1149.05
E10	-11.34	-4.13	128.62	17.02	1176.89	1149.05

4.3 Perhitungan Struktur

4.3.1 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

1. Pelat lantai dua arah

Perhitungan pelat ditinjau pada perhitungan salah satu lantai dan ukuran pelat diambil dari tipe pelat yang ada. Pada analisa perhitungan pelat yang ditinjau adalah pada pelat lantai 2 dengan tipe pelat S8 dengan ukuran 3 m x 5 m dengan fungsi ruangan sebagai kantor.

■ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (12cm)	288	kg/m ²
Berat keramik (40x40) (brosur)	16.5	kg/m ²
Berat spesi (t=1cm) (PPUG1983)	21	kg/m ²
Plafond kalsiboard (BROSUR)	8.6	kg/m ²
Penggantung plafond	8	kg/m ²
Plumbing (PPIUG 1983)	25	kg/m ²

Mekanikal Elektrikal	40	kg/m ²
Total	407.1	kg/m²

▪ **Beban Hidup**

Beban hidup gudang = 600 kg/m²

▪ **Qu = 1,2 DL + 1,6 LL**

$$= 1,2 (407,1 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (600 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 1.448,52 \text{ kg/m}^2$$

Data Perencanaan :

Tipe pelat = S6

Lx = 3 m

Ly = 5 m

β_1 = 0,85 (SNI 2847-2013,pasal 10.2.7.3)

fc' = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

b = 1000 mm = 1 m

h = 120 mm = 0.12 m

ρ_{susut} = 0.002

(SNI 2847 - 2013, Pasal 7.12.2.1)

dx = 85 mm = 0.085 m

dy = 75 mm = 0.075 m

$\emptyset_{\text{tul. Lentur}}$ = 10 mm = 0.010 m

$\emptyset_{\text{tul. Lentur}}$ = 10 mm = 0.010 m

Decking = 30 mm = 0.030 m

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat

:

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{5 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,7 \text{ m} < 2\text{m} \text{ (Pelat dua arah)}$$

Momen-momen pada pelat :

Perhitungan momen berdasarkan tabel pada PBI 1971 tabel 13.3.2 dengan tipe Momen pada pelat terjepit elastis.

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan\ X} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times (1.448,52\text{ kg/m}^2)^2 \times 59 \\
 &= 769,16\text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan\ X} &= -0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
 &= -0,001 \times (1.448,52\text{ kg/m}^2)^2 \times 59 \\
 &= -769,16\text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Tumpuan\ Y} &= -0,001 \times q_{ly}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times (1.448,52\text{ kg/m}^2)^2 \times 36 \\
 &= -469,16\text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Lapangan\ Y} &= 0,001 \times q_{ly}^2 \times X \\
 &= 0,001 \times (1.448,52\text{ kg/m}^2)^2 \times 36 \\
 &= 469,16\text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 85\text{ mm} = 0.085\text{ m}$$

$$d_y = 75\text{ mm} = 0.075\text{ m}$$

$$b = 1000\text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{\frac{f_y}{240}} \\
 &= \frac{1,4}{240} \\
 &= 0,0058
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,054
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,054 \\
 &= 0,048
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{f_y}{0,85 \times 30} \\
 &= 11,29
 \end{aligned}$$

Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 769,16 \text{ kg.m} = 7.691.600 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7.691.600}{0,8} = 9.614.552 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{9.614.552}{1000 \times 85^2} = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.11,29.1,33}{240}} \right) \\ &= 0,0057 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0057 \times 1,3 = 0,0074$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0057 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 85 \\ &= 495,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø10 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{495,83 \text{ mm}^2} \\ &= 158,40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-100 mm**

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 785,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &> A_{\text{perlu}} \\ 785,40 \text{ mm}^2 &> 495,83 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **Ø10-100 mm**

Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 769,16 \text{ kg.m} = 7.691.600 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{7.691.600}{0,8} = 9.614.552 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{9.614.552}{1000 \times 85^2} = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.11,29.1,33}{240}} \right) \\ &= 0,0057 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0057 \times 1,3 = 0,0074$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0058 &< 0,0057 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 85 \\ &= 495,83 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø10 mm**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{495,83 \text{ mm}^2}$$

$$= 158,40 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$240 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-100 mm**

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{100}$$

$$= 785,40 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{\text{Spakai}} > A_{\text{Sperlu}}$$

$$785,40 \text{ mm}^2 > 495,83 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Tumpuan Arah X digunakan **Ø10-100 mm**

Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 469,3 \text{ kg.m} = 4.693.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{4.693.000}{0,8} = 5.866.506 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{5.866.506}{1000 \times 75^2} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 1,04}{240}} \right)$$

$$= 0,0045$$

$$\rho = 0,0045 \times 1,3 = 0,0058$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0058 < 0,0045 < 0,040 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 75 \\ &= 434,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø10 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{434,63} \\ &= 128,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-100 mm**

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 523,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{\text{pakai}} &> A_{\text{perlu}} \\ 523,60 \text{ mm}^2 &> 434,63 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah Y digunakan **Ø10-100 mm**.

Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 469,3 \text{ kg.m} = 4.693.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4.693.000}{0,8} = 5.866.506 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{5.866.506}{1000 \times 75^2} = 1,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 1,04}{240}} \right) \\ &= 0,0045 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0045 \times 1,3 = 0,0058$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0045 < 0,040 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 75 \\ &= 434,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2h \\ &\leq 2 \text{ (120mm)} \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø10 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{434,63} \\ &= 128,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\max} \geq S_{\text{tul}}$$

$$240 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-100 mm**

$$\begin{aligned} A_{spakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 523,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{spakai} &> A_{perlu} \\ 523,60 \text{ mm}^2 &> 434,63 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah Y digunakan **Ø10-100 mm**.

TULANGAN SUSUT

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 240 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum,

$$\rho_{susut} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} A_{susut} &= \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450$$

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan **Ø8 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450$$

$$232,71 \leq 600 \text{ atau } 232,71 \leq 450 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan **Ø8-200 mm**

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8\text{mm})^2 \times 1000}{200} \\
 &= 251,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pakai}} &> A_{\text{perlu}} \\
 251,33 \text{ mm}^2 &> 216 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

2. Pelat Lantai satu arah

Perhitungan pelat ditinjau pada perhitungan salah satu lantai dan ukuran pelat diambil dari tipe pelat yang ada. Pada analisa perhitungan pelat yang ditinjau adalah pada pelat lantai 2 dengan tipe pelat S6 dengan ukuran 2,5 m x 5 m dengan fungsi ruangan sebagai kantor.

▪ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (12cm)	288	kg/m ²
Berat keramik (40x40) (brosur)	16.5	kg/m ²
Berat spesi (t=1cm) (PPUG1983)	21	kg/m ²
Plafond kalsiboard (BROSUR)	8.6	kg/m ²
Penggantung plafond	8	kg/m ²
Plumbing (PPIUG 1983)	25	kg/m ²
Mekanikal Elektrikal	40	kg/m ²
Total	407.1	kg/m²

▪ Beban Hidup

$$\text{Beban hidup balkon} = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Qu} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (407,1 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (360 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 1.064,52 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Data Perencanaan :

Tipe pelat	= S6	
Lx	= 2,5 m	
Ly	= 5 m	
β_1	= 0,85 (SNI 2847-2013,pasal 10.2.7.3)	
f_c'	= 25 Mpa	
f_y	= 240 Mpa	
b	= 1000 mm	= 1 m
h	= 120 mm	= 0.12 m
ρ_{susut}	= 0.002	
	(SNI 2847 - 2013, Pasal 7.12.2.1)	
d_x	= 95 mm	= 0.095 m
$\phi_{tul. Lentur}$	= 10 mm	= 0.010 m
$\phi_{tul. Lentur}$	= 10 mm	= 0.010 m
Decking	= 30 mm	= 0.030 m

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 2 \text{ m} < 2\text{m (Pelat satu arah)}$$

Momen-momen pada pelat :

$$\begin{aligned} M_{Lapangan X} &= 1/14 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 1/14 \times \left(1.064,52 \frac{kg}{m^2}\right)^2 \times 2,25 \\ &= 384,94 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tumpuan X kiri} &= 1/24 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 1/24 \times \left(1.064,52 \frac{kg}{m^2}\right)^2 \times 2,25 \\ &= 224,55 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Tumpuan X kanan} &= 1/9 \times q_{lx}^2 \times X \\ &= 1/9 \times \left(1.064,52 \frac{kg}{m^2}\right)^2 \times 2,25 \\ &= 598,79 \text{ kgm} \end{aligned}$$

(PBI 1971 Tabel 13.3.1)

$$d_x = 95 \text{ mm} = 0.095 \text{ m}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{240} \\ &= 0,0058\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f'c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,054\end{aligned}$$

(SNI 2847:2013 B.8.42)

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,054 \\ &= 0,0403\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c'} \\ &= \frac{f_y}{0,85 \times 30} \\ &= 11,29\end{aligned}$$

Tulangan Tumpuan Arah X kiri

$$M_u = 224,5 \text{ kg.m} = 2.245.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{2.245.000}{0,8} = 2.494.970 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{2.494.970}{1000 \times 95^2} = 0,276 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,276}{240}} \right) \\ &= 0,00116\end{aligned}$$

$$\rho = 0,00116 \times 1,3 = 0,0015$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0015 < 0,048 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0015 \times 1000 \times 95$$

$$= 186,15 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **Ø-10**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{186,15 \text{ mm}^2}$$

$$= 421,92 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{tul}}$$

$$240 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-150 mm**

$$A_{\text{Spakai}} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150}$$

$$= 523,60 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{\text{Spakai}} > A_{\text{Sperlu}}$$

$$523,60 \text{ mm}^2 > 186,15 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Tumpuan Arah X kiri digunakan **Ø10-150 mm**

Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 384,9 \text{ kg.m} = 3.849.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3.849.000}{0,8} = 4.277.090 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{4.277.090}{1000 \times 95^2} = 0,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.11,29.0,47}{240}} \right) \\ &= 0,0020 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0020 \times 1,3 = 0,0026$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0026 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0026 \times 1000 \times 95 \\ &= 246,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø10 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{246,65 \text{ mm}^2} \\ &= 318,43 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 200 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-150 mm**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{spakai} > A_{perlu}$$

$$523,60 \text{ mm}^2 > 246,65 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **Ø10-150 mm**

Tulangan Tumpuan Arah X kanan

$$M_u = 598,8 \text{ kg.m} = 5.988.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5.988.000}{0,8} = 6.653.250 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{6.653.250}{1000 \times 95^2} = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,74}{240}} \right)$$

$$= 0,0031$$

$$\rho = 0,0031 \times 1,3 = 0,004$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,004 < 0,040 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$A_{spelu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,004 \times 1000 \times 95$$

$$= 494 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{maks} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **Ø10 mm**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 1000}{494}$$

$$= 158,99 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 150 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø10-150 mm**

$$\begin{aligned} A_{\text{spakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm})^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{\text{spakai}} &> A_{\text{spertu}} \\ 523,6 \text{ mm}^2 &> 494 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Tumpuan Arah X kanan digunakan **Ø10-150 mm**.

TULANGAN SUSUT

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 240 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} A_{\text{susut}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } S_{\text{maks}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{maks}} \leq 450$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= 5 \times 120 \text{ mm} \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan **Ø8 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8\text{mm})^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat : $S_{maks} \leq 5h$ atau $S_{maks} \leq 450$

$232,71 \leq 600$ atau $232,71 \leq 450$ **(Memenuhi)**

Maka digunakan $S = 200$ mm

Dipakai tulangan **Ø8-200 mm**

$$\begin{aligned} A_{spakai} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8mm)^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{spakai} &> A_{perlu} \\ 251,33 \text{ mm}^2 &> 216 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

4.3.2 Perhitungan Penulangan Pelat Atap

Perhitungan pelat ditinjau pada perhitungan salah satu lantai dan ukuran pelat diambil dari tipe pelat yang ada. Pada analisa perhitungan pelat yang ditinjau adalah pada pelat atap dengan tipe pelat S11 dengan ukuran 7 m x 4,5 m dengan fungsi ruangan sebagai kantor.

▪ Beban Mati

Beban Mati		
Berat pelat (12cm)	288	kg/m ²
Plafond kalsiboard (BROSUR)	8.6	kg/m ²
Penggantung plafond	8	kg/m ²
Plumbing (PPUG 1983)	25	kg/m ²
Waterproofing	5	kg/m ²
Mekanikal Elektrikal	40	kg/m ²
Total	374,6	kg/m²

▪ **Beban Hidup**

Beban Hidup		
Atap	96	kg/m ²

▪ $Q_u = 1,2DL + 1,6 LL$
 $= 1,2 (374,6 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (96 \text{ kg/m}^2)$
 $= 603,12 \text{ kg/m}^2$

Data Perencanaan :

Tipe pelat	= S8	
Lx	= 4,5 m	
Ly	= 7 m	
β_1	= 0,85 (SNI 2847-2013,pasal 10.2.7.3)	
fc'	= 25 Mpa	
fy	= 240 Mpa	
b	= 1000 mm	= 1 m
h	= 120 mm	= 0.12 m
ρ_{susut}	= 0.002	
	(SNI 2847 – 2013, Pasal 7.12.2.1)	
dx	= 86 mm	= 0.086 m
dy	= 78 mm	= 0.078 m
$\phi_{\text{tul. Lentur}}$	= 8 mm	= 0.008 m
$\phi_{\text{tul. Lentur}}$	= 8 mm	= 0.008 m
Decking	= 30 mm	= 0.030 m

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat

:
 $\frac{Ly}{Lx} = \frac{7 \text{ m}}{4,5 \text{ m}} = 1,6 \text{ m} < 2\text{m} \text{ (Pelat dua arah)}$

Momen-momen pada pelat :

Perhitungan momen berdasarkan tabel pada PBI 1971 tabel 13.3.2 dengan tipe Momen pada pelat terjepit elastis.

$$M_{\text{Lapangan } x} = 0,001 \times q_{lx}^2 \times X$$

$$= 0,001 \times (603,12 \text{ kg/m}^2)^2 \times 58$$

$$\begin{aligned}
&= 708,36 \text{ kgm} \\
M_{Tumpuan X} &= -0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
&= -0,001 \times (603,12 \text{ kg/m}^2)^2 \times 58 \\
&= -708,36 \text{ kgm} \\
M_{Tumpuan Y} &= -0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
&= 0,001 \times (603,12 \text{ kg/m}^2)^2 \times 36 \\
&= -439,67 \text{ kgm} \\
M_{Lapangan Y} &= 0,001 \times q_{lx}^2 \times X \\
&= 0,001 \times (603,12 \text{ kg/m}^2)^2 \times 36 \\
&= 439,67 \text{ kgm} \\
d_x &= 86 \text{ mm} = 0.086 \text{ m} \\
d_y &= 78 \text{ mm} = 0.078 \text{ m} \\
b &= 1000 \text{ mm} \\
\rho_{min} &= \frac{1,4}{\frac{f_y}{240}} \\
&= \frac{1,4}{240} \\
&= 0,0058 \\
\rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
&= 0,054 \\
\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
&= 0,75 \times 0,054 \\
&= 0,048 \\
m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
&= \frac{f_y}{0,85 \times 30} \\
&= 11,29
\end{aligned}$$

Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 708,36 \text{ kg.m} = 7.083.600 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7.083.600}{0,8} = 8.854.556 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{8.854.556}{1000 \times 85^2} = 1,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 1,20}{240}} \right) \\ &= 0,0051 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0051 \times 1,3 = 0,0067$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0051 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0058 \times 1000 \times 86 \\ &= 501,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø8 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{501,67 \text{ mm}^2} \\ &= 100,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø8-100 mm**

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 502,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{spakai} > A_{perlu}$$

$$502,66 \text{ mm}^2 > 501,67 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah X digunakan **Ø8-100 mm**

Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 708,36 \text{ kg.m} = 7.083.600 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{7.083.600}{0,8} = 8.854.556 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{8.854.556}{1000 \times 85^2} = 1,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 1,20}{240}} \right)$$

$$= 0,0051$$

$$\rho = 0,0051 \times 1,3 = 0,0067$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0051 < 0,048 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

$$A_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0058 \times 1000 \times 86$$

$$= 501,67 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$\leq 2 (120\text{mm})$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **Ø8 mm**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{501,67 \text{ mm}^2}$$

$$= 100,20 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø8-100 mm**

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8\text{mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 502,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &> A_{\text{Sperlu}} \\ 502,66 \text{ mm}^2 &> 501,67 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Tumpuan Arah X digunakan **Ø8-100 mm**

Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 439,7 \text{ kg.m} = 4.397.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4.397.000}{0,8} = 5.495.931 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{5.495.931}{1000 \times 75^2} = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,90}{240}} \right) \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0038 \times 1,3 = 0,0050$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &< \rho < \rho_{\text{max}} \\ 0,0058 &< 0,0038 < 0,040 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0050 \times 1000 \times 78 \\ &= 390,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 (120\text{mm}) \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø8 mm**

$$\begin{aligned} S &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{390,14} \\ &= 128,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø8-100 mm**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{s} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{100} \\ &= 502,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s\text{pakai}} &> A_{s\text{perlu}} \\ 502,66 \text{ mm}^2 &> 390,14 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Lapangan Arah Y digunakan **Ø8-100 mm**.

Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 439,7 \text{ kg.m} = 4.397.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4.397.000}{0,8} = 5.495.931 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{5.495.931}{1000 \times 75^2} = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,90}{240}} \right) \\ &= 0,0038\end{aligned}$$

$$\rho = 0,0038 \times 1,3 = 0,0050$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0058 &< 0,0038 < 0,040 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0050 \times 1000 \times 78 \\ &= 390,14 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}S_{\text{maks}} &\leq 2h \\ &\leq 2 \text{ (120mm)} \\ &\leq 240 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø8 mm**

$$\begin{aligned}S &= \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b} \\ &= \frac{390,14}{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000} \\ &= 128,84 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka, dipakai **S = 100 mm**

Kontrol jarak tulangan :

$$\begin{aligned}S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{tul}} \\ 240 \text{ mm} &\geq 100 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}\end{aligned}$$

Tulangan yang dipakai **Ø8-100 mm**

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b} \\ &= \frac{100}{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000} \\ &= 502,66 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{spakai} > A_{perlu}$$

$$502,66 \text{ mm}^2 > 390,14 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, untuk tulangan pelat lantai Tumpuan Arah Y digunakan **Ø8-100 mm**.

TULANGAN SUSUT

Menurut hasil interpolasi sesuai SNI 03-2847:2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 240 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum,

$$\rho_{susut} = 0,0018$$

$$A_{susut} = \rho_{susut} \times b \times \text{tebal pelat}$$

$$= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$$

$$= 216 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450$$

$$S_{maks} = 5 \times 120 \text{ mm}$$

$$= 600 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan **Ø8 mm**

$$S = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{216}$$

$$= 232,71 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } S_{maks} \leq 5h \text{ atau } S_{maks} \leq 450$$

$$232,71 \leq 600 \text{ atau } 232,71 \leq 450 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Dipakai tulangan **Ø8-200 mm**

$$A_{spakai} = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b}{S}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times (8 \text{ mm})^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,33 \text{ mm}^2$$

Syarat luas tulangan :

$$A_{spakai} > A_{perlu}$$

$$251,33 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Rekapitulasi :

Tabel 4.14 Rekapitulasi tulangan pelat lantai dua arah

Tipe Plat	Ukuran		Tulangan arah X		Tulangan arah Y		Tulangan susut
	Ly (m)	Lx (m)	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
S1	4	3.5	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø 8 - 200
S2	4.5	3.5	Ø10 - 150	Ø10 - 150	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø 8 - 200
S3	4	2.5	Ø10 - 240	Ø10 - 240	Ø10 - 240	Ø10 - 240	Ø 8 - 200
S4	4.5	2.5	Ø10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 8 - 200
S5	5	3.5	Ø10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 8 - 200
S7	2.5	2.5	Ø 10 - 240	Ø 10 - 240	Ø 10 - 240	Ø 10 - 240	Ø 8 - 200
S8	5	3	Ø10 - 100	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 150	Ø 8 - 200

Tabel 4.15 Rekapitulasi tulangan pelat lantai satu arah

Tipe Plat	Ukuran		Tulangan arah X			Tulangan susut
	Ly (m)	Lx (m)	Tump. Kiri	Lapangan	Tump. Kanan	
S6	5	2.5	Ø10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 10 - 150	Ø 8 - 200

4.3.3 Perhitungan Penulangan Tangga dan Bordes

Dalam perhitungan penulangan pelat tangga utama, untuk menghitung pelat tangga dan pelat bordes, menentukan momen yang terjadi pada pelat berdasarkan pada *output* aplikasi SAP 2000.

Penulangan Pelat Tangga

Data perencanaan :

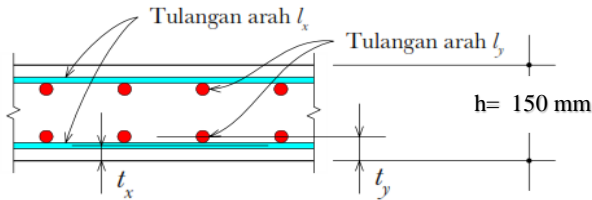
Tipe pelat : Pelat Tangga
 Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 Mutu baja (f_y) : 240 Mpa
 Ø tulangan : 12 mm
 Decking : 20 mm
 b : 1000 mm
 β_1 : 0,8

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

Faktor reduksi (ϕ) : 0,9
 (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)
 Tebal plat tangga (t) : 150 mm

Penulangan pelat tangga arah X

Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{decking} - \phi_{\text{tulangan}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\ &= 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{240} \left[\frac{600}{600 + 240} \right] = 0,0538 \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,0403$$

(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,29$$

$$M_{11} = 1814,04 \text{ kgmm}$$

$$M_u = 18140402 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{18140402 \text{ Nmm}}{0,9} = 20156002,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{20156002,22 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (110 \text{ mm})^2} = 1,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,67 \text{ N/mm}^2}{240 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0072\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,006 < 0,0072 < 0,0403 \text{ (OK)}$$

Maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0072 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \\ &= 897,32 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai Ø 12 – 100 mm

$$\begin{aligned}A_{s\text{pakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 1130,97 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

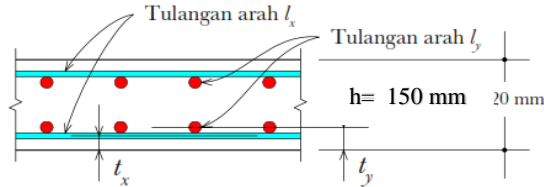
(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pakai}}$$

$$897,32 \text{ mm}^2 < 1130,97 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Penulangan pelat tangga arah Y

Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned} d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\ &= 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c' \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \left[\frac{600}{600 + 400} \right]}{400} = 0,0271 \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0203 \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$M_{22} = 4272,48 \text{ kgmm}$$

$$M_u = 42724763 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{42724763 \text{ Nmm}}{0,9} = 47471958,89 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{47471958,89 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (122 \text{ mm})^2} = 3,19 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 3,19 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0087 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0087 < 0,0203 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0087$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0087 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 122 \text{ mm} \\ &= 955,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai $\emptyset 16 - 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2} \\ &= 2010,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{Sperlu}} < A_{\text{Spakai}}$$

$$955,16 \text{ mm}^2 < 2010,6 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Dipakai tulangan arah X = $\emptyset 12 - 100 \text{ mm}$

Dipakai tulangan arah Y = $\emptyset 16 - 100 \text{ mm}$

Penulangan Pelat Bordes

Data perencanaan :

Tipe pelat	: Pelat Bordes
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 240 Mpa
\emptyset tulangan lentur	: 12 mm
Decking	: 20 mm
b	: 1000 mm
β_1	: 0,8

(SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

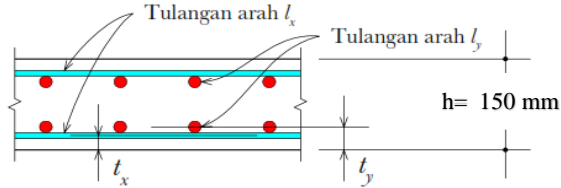
Faktor reduksi (ϕ) : 0,9

(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.7)

Tebal plat bordes (t) : 150 mm

Penulangan pelat bordes arah Y

Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{decking} - \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\ &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\ &= 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right] = 0,0271 \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0203 \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$M_{22} = 3437,36 \text{ kgmm}$$

$$M_u = 34373600 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{34373600 \text{ Nmm}}{0,9} = 38192888,89 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{38192888,89 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (110 \text{ mm})^2} = 3,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 3,16 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\ &= 0,0086 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0086 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0086$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0086 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 110 \text{ mm} \\ &= 944,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 150 \text{ mm} \\ &\leq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai $\emptyset 16 - 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\ &= 2010,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

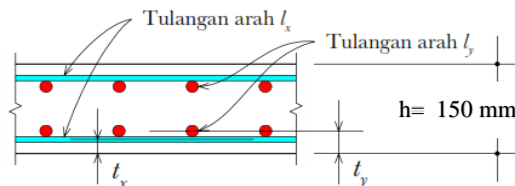
(SNI 2847-2013, Pasal 10.5.1)

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$944,32 \text{ mm}^2 < 2010,6 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Penulangan pelat bordes arah X

Tinggi Efektif Pelat



$$\begin{aligned}
 d_x &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm} \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{240} \left[\frac{600}{600 + 240} \right] = 0,0538 \\
 &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b = 0,0403 \\
 &\quad \text{(SNI 2847-2013 pasal B.8.4.3)}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,29$$

$$M_{1l} = 1256,086 \text{ kgmm}$$

$$M_u = 12560860 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{12560860 \text{ Nmm}}{0,9} = 13956511,11 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{13956511,11 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (124 \text{ mm})^2} = 0,908 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 0,908 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right) \\
 &= 0,0039
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0058 < 0,0039 < 0,0203 \text{ (OK)}$$

$$\text{Maka dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 1,3 \times 0,0039 = 0,00503$$

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00503 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 124 \text{ mm} \\
 &= 623,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2 \cdot h$$

$$\leq 2 \cdot 150 \text{ mm}$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 pasal 7.6.4)

Tulangan yang dipakai $\emptyset 12 - 100 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}^2}$$

$$= 1130,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$623,27 \text{ mm}^2 < 1130,97 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Dipakai tulangan arah X = $\emptyset 12 - 100 \text{ mm}$

Dipakai tulangan arah Y = $\emptyset 16 - 100 \text{ mm}$

Rekapitulasi :

Tabel 4.16 Rekapitulasi tulangan pelat tangga dan bordes

Tipe	Posisi	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
TANGGA 1	Tangga	$\emptyset 12 - 100$	$\emptyset 16 - 100$
	Bordes	$\emptyset 12 - 100$	$\emptyset 16 - 100$
TANGGA 2	Tangga	$\emptyset 12 - 100$	$\emptyset 16 - 100$
	Bordes	$\emptyset 12 - 100$	$\emptyset 16 - 100$

4.3.4 Perhitungan Penulangan Balok

4.3.4.1 Balok Induk 1

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok induk BI1 300x600 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI1
- Bentang balok (L) : 700 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 300 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 600 mm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)

- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor β_1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Perhitungan Tulangan Balok :

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 22/2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

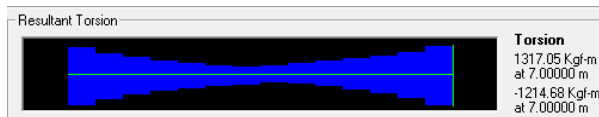
$$\begin{aligned} &= 539 \text{ mm} \\ d' &= h - d \\ &= 600 \text{ mm} - 539 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

➤ **Hasil Output Torsi**

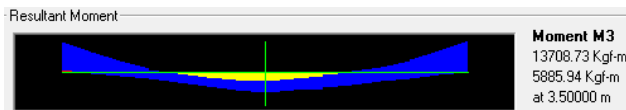
Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D+1.6L+0.5R
Momen Puntir : 1.317,05 kg-m



Gambar 4.8 Output Momen Torsi Balok Induk 1

➤ **Hasil Output Momen Lentur**

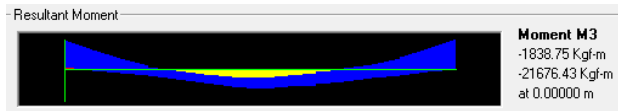
Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D+1.6L+0.5R
Momen Lentur Lapangan : 13.708,73 kg-m



Gambar 4.9 Output Momen Lapangan Balok Induk 1

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D+1EY-0.3EX+1L

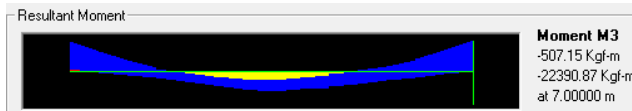
Momen Lentur Tump. Kiri : 21.676,43 kg-m



Gambar 4.10 Output Momen Tumpuan Balok Induk 1

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1EY+0.3EX+1L

Momen Lentur Tump. Kanan : 22.390,87 kg-m

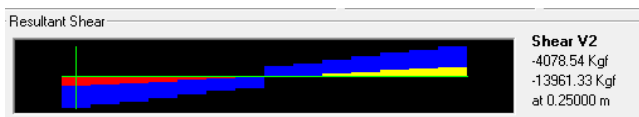


Gambar 4.11 Output Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 1

➤ Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1EY+0.3EX+1L

Gaya geser : 13.961,33 kg-m



Gambar 4.12 Output Momen Geser Balok Induk 1

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan tarik

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 180.000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (600\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 107.100 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) + (600\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1.440 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 13.170.500 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{13.170.500 \text{ Nmm}}{0,75} = 17.560.666,67 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen punter terfaktot T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$\begin{aligned} Tu \min &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{18.000^2}{1.800} \right) \\ &= 5.602.500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} Tu \max &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{18.000^2}{1.800} \right) \\ &= 8.910.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu \min$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu \min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu < Tu \min$$

$$13.170.500 > 5.602.500 \text{ (memerlukan tulangan 130ertic)}$$

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6** berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 107.100 \\ &= 91.035 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{17.560.666,67 \text{ Nmm}}{2 \times 91.035 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0,241 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga Tulangan 13 lertic untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset \\ A_l &= 0,241 \text{ mm} \times 1.440 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45 \end{aligned}$$

$$A_l = 347,22 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3**

tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &\geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}} \\ 0,241 \text{ mm} &\geq \frac{0,175 \times 300 \text{ mm}}{400} \end{aligned}$$

$$0,241 \text{ mm} \geq 0,131 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,241 mm

Cek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{\min} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{25} \text{Mpa} \times 18.000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,241 \text{ mm} \right) \times 1.440 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{\min} = 597,78 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$A_{\text{perlu}} \leq A_{\min}$ Maka menggunakan A_{\min}

$A_{\text{perlu}} \geq A_{\min}$ Maka menggunakan A_{perlu}

Maka ;

$$A_{\text{perlu}} \leq A_{\min}$$

$$347,22 \text{ mm}^2 \leq 597,78 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai $A_l \min = 597,78 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga:

$$\frac{A_l}{4} = \frac{597,78 \text{ mm}}{4} = 149,44 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
 - Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok
- Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $149,44 \text{ mm}^2$. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 298,89 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{298,89 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 13^2 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,25 \approx 4 \text{ Buah}$$

Kontrol $A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu}$

Al pasang = n pasang x Luasan D 13 bertic

$$= 4 \times \left(\frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (13 \text{ mm})^2\right)$$

$$= 530,93 \text{ mm}^2$$

Maka = Al pasang > Al perlu

$$= 530,93 \text{ mm}^2 > 298,89 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **4D13**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 539 \text{ mm} \\ &= 323.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 323.4 \text{ mm} \\ &= 242,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C_c' = 812.812,5 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{Cc'}{fy} = \frac{812.812,5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$Asc = 2.032,03 \text{ mm}$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 2.032,03 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(539 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 386.289.140,6 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{fy}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,82$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen lentur ultimate

$$M_u = 223.908.700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{223.908.700 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 248.787.444,4 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 248.787.444,4 \text{ Nmm} - 386.289.140,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -137.501.696,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{248.787.444,4 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (539 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 2,85}{400}} \right)$$

$$= 0,0077$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0077 < 0,020 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0077 \times 300 \times 539 \\ &= 1.244,01 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1.244,01 + 149,44 \\ &= 1.393,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22)^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan puntir dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{1.393,45 \text{ mm}^2}{380,13}$$

$$n = 3,67 \approx 4 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan Tarik **D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\ 1.520,53 \text{ mm}^2 &\geq 1.393,45 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ perlu}} &= 0,3 \times A_{s \text{ pasang}} \\
 &= 0,3 \times 1.520,53 \text{ mm}^2 \\
 &= 456,16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{456,16 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **D22**

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\
 &= 760,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ pasang}} &\geq A_{s' \text{ perlu}} \\
 760,27 \text{ mm}^2 &\geq 456,16 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (4 \times 22 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$= 37,33 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$37,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm})}{2 - 1}$$

$$= 156 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$156 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/60 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D22**

$$A_{\text{spasang}} = n \times A_{\text{stulangan 138erti}}$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 1.520,53 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.520,53 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,8 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan

Tulangan tarik : 4D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s \text{ pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{4D22} = 1.520,53 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1.520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 95,41 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 95,41 \text{ mm}$$

$$Cc' = 608.212,34 \text{ N}$$

$$T = A_{s \text{ pakai}} \times f_y$$

$$T = 1.520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 608.212,34 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(608.212,34 \text{ N} \times \left(539 \text{ mm} - \frac{95,41 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 298.812.940,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$239.050.352,3 \text{ Nmm} > 223.908.700 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 30/60 dengan bentang 700 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur 140erti 1 lapis = **4D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen lentur ultimate

$$M_u = 216.764.300 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$Mn = \frac{216.764.300 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$Mn = 240.849.222,2 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$Mns > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 240.849.222,2 \text{ Nmm} - 386.289.140,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -145.439.918,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{240.849.222,2 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (539 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 2,76}{400}} \right)$$

$$= 0,0074$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0074 < 0,020 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0074 \times 300 \times 539$$

$$= 1.201,08 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan 141ertic longitudinal untuk lentur :

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 1.201,08 + 149,44$$

$$= 1.350,52 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22)^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan 142erti dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik:

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{1.350,52 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\ n &= 3,55 \approx 4 \text{ Buah}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **D22**

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan 142erti}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.520,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pasang}} &\geq A_{s \text{ perlu}} \\ 1.520,53 \text{ mm}^2 &\geq 1.201,08 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned}A_{s' \text{ perlu}} &= 0,3 \times A_{s \text{ pasang}} \\ &= 0,3 \times 1.520,53 \text{ mm}^2 \\ &= 456,16 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{456,16 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\ n &= 1,2 \approx 2 \text{ Buah}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan **D22**

$$\begin{aligned}A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2\end{aligned}$$

$$= 760,27 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_s'_{\text{pasang}} \geq A_s'_{\text{perlu}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 456,16 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 22\text{mm})}{4 - 1} \\ &= 37,33\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$37,33 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 156 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$156 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/60 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 4D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.520,53 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,8 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$ tulangan tarik **4D22** = 1.520,53 mm²

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1.520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 95,46 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 95,46 \text{ mm}$$

$$Cc' = 608.212,34 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 1.520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 608.212,34 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(608.212,34 \text{ N} \times \left(539 \text{ mm} - \frac{95,46 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 298.812.940,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$239.050.352,3 \text{ Nmm} > 216.764.300 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 30/60 dengan bentang 700 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **4D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope.

Momen lentur ultimate

$$M_u = 137.087.300 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{137.087.300 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 152.319.222,2 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 152.319.222,2 \text{ Nmm} - 386.289.140,6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -233.969.918,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{152.319.222,2 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (539 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,74 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.18,8 \cdot 1,74}{400}} \right) \\ &= 0,0046\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0046 < 0,020 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{Sperlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0045 \times 300 \times 539 \\ &= 565,95 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}A_{\text{Sperlu}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 565,95 + 149,44 \\ &= 715,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan Tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{\text{s perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{715,39 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2} \\ n &= 1,88 \approx 3 \text{ Buah}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **3D22**

$$\begin{aligned}A_{\text{spasang}} &= n \times A_{\text{Stulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.140,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &\geq A_{s_{perlu}} \\ 1.140,39 \text{ mm}^2 &\geq 715,39 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'_{perlu}} &= 0,3 \times A_{s_{pasang}} \\ &= 0,3 \times 1.140,39 \text{ mm}^2 \\ &= 342,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{A_{s'_{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{342,12 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan \text{ tekan}}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &\geq A_{s'_{perlu}} \\ 760,27 \text{ mm}^2 &\geq 342,12 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 22 \text{ mm})}{3 - 1} \\ &= 67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 22 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 156 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$156 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 30/60 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik 3D22

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan 150erti}}} \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\
 &= 1.140,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan 2D22

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n \times A_{s_{\text{tulangan tekan}}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\
 &= 760,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1.140,40 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 380,1 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } 3\text{D}22 = 1.140,40 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1.140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 71,55 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 71,55 \text{ mm}$$

$$Cc' = 456.159,25 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 456.159,25 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(456.159,25 \text{ N} \times \left(539 \text{ mm} - \frac{71,55 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 229.549.738,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$183.639.790 \text{ Nmm} > 137.087.300 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 30/60 dengan bentang m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur 151erti 1 lapis = **3D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi ENVELOPE yaitu

$$Vu = 139.613,3 \text{ N}$$

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$As = 1.520,53 \text{ mm}^2$$

$$As' = 760,27 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 28,62 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As' \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(539 \text{ mm} - \frac{28,62 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_l = 95.736.719,15 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 57,24 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 1.520,53 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(539 \text{ mm} - \frac{57,24 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 186.251.006,6 \text{ Nmm}$$

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 1.520,53 \text{ mm}^2$$

$$As' = 760,26 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1.520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 57,24 \text{ mm}$$

$$M_{nI} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nI} = 1.520,53 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(539 \text{ mm} - \frac{57,24 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nI} = 186.251.006,6 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{760,26 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

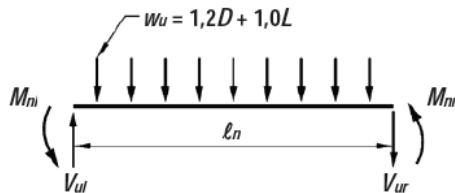
$$a = 28,62 \text{ mm}$$

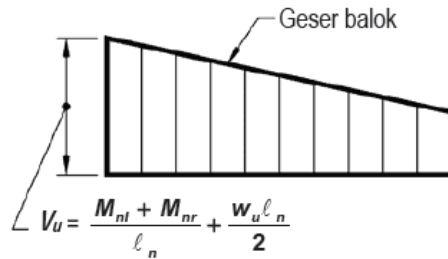
$$M_{nR} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(539 \text{ mm} - \frac{28,62 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 95.736.719,15 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan ***SNi 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.***





Gambar 4.13 Geser Desain Balok untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\
 &= 700\text{mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500\text{mm} \right) \\
 &= 6500\text{mm}
 \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{95.736.719,15 \text{ Nmm} + 229.549.738,4 \text{ Nmm}}{6500 \text{ mm}} + 139.613,3 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 182.996,03 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300 \text{ mm} \times 539 \text{ mm}$$

$$V_c = 134750 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 539 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 53900 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 300 \text{ mm} \times 539 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 269500 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 269500 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 539000 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 182.996,03 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$182.996,03 \text{ N} \leq 57.268,75 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$57.268,75 \text{ N} \leq 182.996,03 \text{ N} \leq 114.537,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{s_{\min}})$$

$$114.537,5 \text{ N} \leq 182.996,03 \text{ N} \leq 160.352,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{s_{max}})$$

$$160.352,5 \text{ N} \leq 182.996,03 \text{ N} \leq 343.612,5 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$343.612,5 \text{ N} \leq 182.996,03 \text{ N} \leq 572.687,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

$$= 95064,79 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan diameter 10 mm – 2 kaki

$$A_v = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \text{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} 3.14 (10)^2 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 539}{95064,79} = 213,75 \text{ mm}$$

Dipasang spasi – 100 mm

Luas penampang geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y d}$$

$$= \frac{95064,79 \cdot 100}{400.539}$$

$$= 73,49 \text{ mm}^2$$

$$\frac{At}{s} = 0,131 \text{ maka } At = 13,13$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= A_v + 2 A_t \\ &= 73,49 \text{ mm}^2 + 2 (13,13 \text{ mm}^2) \\ &= 99,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_{v_{pakai}} &> A_{v_{perlu}} \\ 157,08 \text{ mm}^2 &> 99,73 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- d/4
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{pakai} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 539 \text{ mm}/4$
 $100 \text{ mm} < 134,75 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$

$$\begin{aligned}
 100 \text{ mm} &< 24 \times 10 \text{ mm} \\
 100 \text{ mm} &< 240 \text{ mm} && \textbf{(Memenuhi)} \\
 \text{d. } S_{\text{pakai}} &< 300 \text{ mm} \\
 100 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} && \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) Ø10-100 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{u2}}{0,5L_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{0,5L_n} \\
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \times (0,5L_n + 2h)}{0,5L_n} \\
 V_{u2} &= \frac{182.996,03 \text{ N} \times (0,5 \cdot 6500 \text{ mm} - 2 \cdot 600 \text{ mm})}{0,5 \cdot 6500 \text{ mm}} \\
 V_{u2} &= 115.428 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \times \varphi \times V_c \\
 115.428 \text{ N} &\leq 57.268,75 \text{ N} \\
 &\textbf{(Tidak Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$57.268,75 \text{ N} \leq 115.428 \text{ N} \leq 114.537,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{s_{min}})$$

$$114.537,5 \text{ N} \leq 115.428 \text{ N} \leq 160.352,5 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{s_{max}})$$

$$160.352,5 \text{ N} \leq 115.428 \text{ N} \leq 343.612,5 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak}$$

Memenuhi)

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$343.612,5 \text{ N} \leq 115.428 \text{ N} \leq 572.687,5 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 539 \text{ mm}/2$$

$$= 269,5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 \text{ mm} < 269,5 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v_{\min}} = \frac{bw \times s}{f_y}$$

$$A_{v_{\min}} = \frac{300\text{mm} \times 150\text{mm}}{400\text{N/mm}^2}$$

$$A_{v_{\min}} = 62,5\text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,08\text{mm}^2$$

Kontrol :

$$A_v > A_{v_{\min}}$$

$$157,08\text{ mm}^2 > 62,5\text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- d/2
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

$$\text{a. } S_{\text{pakai}} < d/2$$

$$150\text{ mm} < 270\text{ mm}/2$$

$$150\text{ mm} < \text{mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

- b. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $150 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $150 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) Ø10-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 1035,29 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$1035,29 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\begin{aligned}\lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times I_d \\ \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{1837,24 \text{ mm}^2}{1900,66 \text{ mm}^2} \times 1035,29 \text{ mm} \\ \lambda_{d \text{ reduksi}} &= 1000,75 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}\end{aligned}$$

Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$\begin{aligned}l_{dc} &= \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \\ l_{dc} &= \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm} \\ l_{dc} &= 422,4 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{dc} &= 0,043 \times f_y \times d_b \\ l_{dc} &= 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm} \\ l_{dc} &= 378,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 422,4 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$\begin{aligned}l_{dc \text{ reduksi}} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_{dc} \\ l_{dc \text{ reduksi}} &= \frac{1837,24 \text{ mm}^2}{1900,66 \text{ mm}^2} \times 422,4 \text{ mm} \\ l_{dc \text{ reduksi}} &= 316,8 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}\end{aligned}$$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 422,4 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 8d_b &= 8 \times 22 \text{ mm} \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$500 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

4.3.4.2 Balok Induk 2

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok induk BI 2 250x500. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BI2
- Bentang balok (L) : 500 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 250 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 500 mm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm

- Diameter tulangan geser (ϕ) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
- Faktor β_1 : 0,85
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Perhitungan Tulangan Balok :

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 22/2 \text{ mm} \\
 &= 439 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 500 \text{ mm} - 439 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

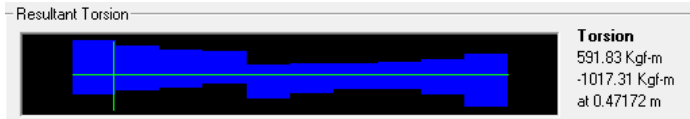
Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

➤ **Hasil Output Torsi**

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1EY-0.3EX+1L

Momen Puntir : 1.017,31 kg-m

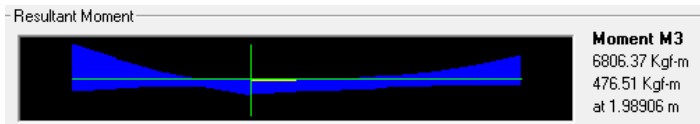


Gambar 4.14 Output Torsi Balok Induk 2

➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1EX-0.3EY+1L

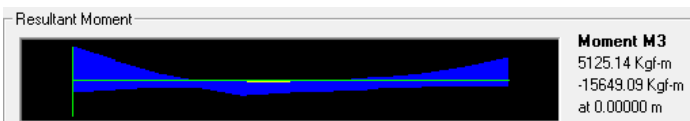
Momen Lentur Lapangan : 6.806,37 kg-m



Gambar 4.15 Output Momen Lapangan Balok Induk 2

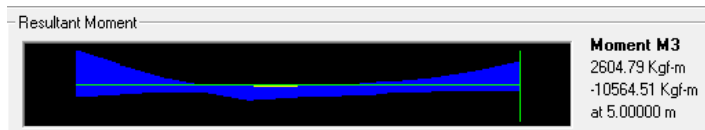
Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1EX-0.3EY+1L

Momen Lentur Tump. Kiri : 15.649,09 kg-m



Gambar 4.16 Output Momen Tumpuan Kiri Balok Induk 2

Momen Lentur Tump. Kanan : 10.564,51 kg-m



Gambar 4.17 Output Momen Tumpuan Kanan Balok Induk 2

➤ Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1EX-0.3EY+1L

Gaya geser : 12.308,12 kg-m



Gambar 4.18 Output Momen Geser Balok Induk 2

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 125.000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (250 \text{ mm} + 500 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.500 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (250\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 65.600 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(250\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) + (500\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1.140 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen puntir ultimate :

$$Tu = 10.173.100 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$Tn = \frac{Tu}{\phi}$$

$$Tn = \frac{10.173.100 \text{ Nmm}}{0,75} = 13.564.133,33 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$\begin{aligned} Tu \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{125.000^2}{1.500} \right) \\ &= 3.242.187,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_u \max &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{125000^2}{1500} \right) \\ &= 5.156.250 \text{ Nmm} \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))} \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < T_u \min$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_u \min$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$T_u < T_u \min$$

$$10.173.100 \text{ N} > 3.242.187,5 \text{ N}$$

(memerlukan tulangan puntir)

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_h \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6** berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 65600 \\ &= 55760 \end{aligned}$$

Maka :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{13.564.133,33 \text{ Nmm}}{2 \times 65.600 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,30 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0,30 \text{ mm} \times 1.140 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 346,64 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3**

tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,304 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400}$$

$$0,304 \text{ mm} \geq 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,304 mm

Cek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f'c} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{lmin} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{25} \text{ Mpa} \times 125000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,30 \text{ mm} \right) \times 1140 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 309,6 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$A_{lperlu} \leq A_{lmin}$ Maka menggunakan A_{lmin}

$A_{l_{perlu}} \geq A_{l_{min}}$ Maka menggunakan $A_{l_{perlu}}$

Maka ;

$$A_{l_{perlu}} \leq A_{l_{min}}$$

$$346,64 \text{ mm}^2 \leq 309,6 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai $A_{l \text{ min}} = 346,64 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga:

$$\frac{A_l}{4} = \frac{346,64 \text{ mm}}{4} = 86,66 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 173,32 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{173,32 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 22^2 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,3 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol $A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu}$

$$A_l \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{Luasan puntir}$$

$$= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times 22/7 \times (13 \text{ mm})^2 \right)$$

$$= 265,46 \text{ mm}^2$$

Maka $A_l \text{ pasang} > A_l \text{ perlu}$

$$= 265,46 \text{ mm}^2 > 173,32 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2D13**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600+400} \times 439 \text{ mm} \\ &= 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 263,4 \text{ mm} \\ &= 197,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C_c' = 677.343,75 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y} = \frac{677.343,75 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$A_{sc} = 1.693,36 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 1.693,36 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(439 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 254.173.242,2 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,82$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi

Envelope :

Momen lentur ultimate

$$M_u = 105.645.100 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{105.645.100 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 117.383.444,44 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 117.383.444,44 \text{ Nmm} - 254.173.242,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -136.789.798 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{117.383.444,44 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (439 \text{ mm})^2}$$

$$= 2,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 2,43}{400}} \right)$$

$$= 0,006$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,006 < 0,020 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006 \times 300 \times 439 \\ &= 711,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 711,94 + 86,66 \\ &= 798,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22)^2 \\ &= 380,13 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{798,60 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,1 \approx 4 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **4D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1.520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\ 1.520,53 \text{ mm}^2 &\geq 798,60 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \\ &= 0,3 \times 1520,53 \text{ mm}^2 \\ &= 456,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{456,16 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,2 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As'_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &\geq As'_{\text{perlu}} \\ 760,27 \text{ mm}^2 &\geq 456,16 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 22\text{mm})}{4 - 1} \\ &= 20,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$20,67 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 2 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 25/50 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 4D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D22**

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tarik}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 1.520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{4D22} = 1.520,53 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 114,49 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 114,49 \text{ mm}$$

$$Cc' = 608.212,34 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 608.212,34 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(608.212,34 \text{ N} \times \left(439 \text{ mm} - \frac{114,49 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 232.189.004,7 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{pasang}} > Mu$$

$$185.751.203,8 \text{ Nmm} > 105.645.100 \text{ Nmm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 25/50 dengan bentang 500 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **4D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope :

Momen lentur ultimate

$$M_u = 156.490.900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{156.490.900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 173.878.777,8 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 173.878.777,8 \text{ Nmm} - 254.173.242,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -80.294.464,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{173.878.777,8 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (439 \text{ mm})^2}$$

$$= 3,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.18,82.3,61}{400}} \right)$$

$$= 0,010$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,010 < 0,020 \text{ (Memenuhi)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,010 \times 250 \times 439$$

$$= 1092,57 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 1092,57 + 86,66$$

$$= 1179,23 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (22)^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{1179,23\ mm^2}{380,13\ mm^2}$$

$$n = 3,10 \approx 4\ \text{Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **4D22**

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan}} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1520,53\ mm^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &\geq As_{\text{perlu}} \\ 1520,53\ mm^2 &\geq 1179,23\ mm^2 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} As'_{\text{perlu}} &= 0,3 \times As_{\text{pasang}} \\ &= 0,3 \times 1520,53\ mm^2 \\ &= 456,16\ mm^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As'_{\text{perlu}}}{Luas\ tulangan}$$

$$n = \frac{456,16\ mm^2}{380,13\ mm^2}$$

$$n = 1,2 \approx 2\ \text{Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 760,27\ mm^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &\geq As'_{\text{perlu}} \\ 760,27\ mm^2 &\geq 456,16\ mm^2 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 22\text{mm})}{4 - 1} \\ &= 20,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$20,67 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 2 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 25/50 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 2 lapis = 4D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang

disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **4D22**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{stulangan\ tarik} \\ &= 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 1520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= n \times A_{stulangan\ tekan} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 506,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 4D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{spasang} \text{ tulangan tarik } \mathbf{4D22} = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 114,49 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 114,49 \text{ mm}$$

$$Cc' = 608.212,34 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 608.212,34 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(608.212,34 \text{ N} \times \left(439 \text{ mm} - \frac{114,49 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 232.189.004,7 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$185.751.203,8 \text{ Nmm} > 156.490.900 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 25/50 dengan bentang 500 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 2 lapis = **4D22**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D22**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen lentur ultimate

$$M_u = 68.063.700 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{68.063.700 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 75.626.333,33 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 75.626.333,33 \text{ Nmm} - 254.173.242,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -178.546.909 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{75.626.333,33 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (439 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 1,57}{400}} \right)$$

$$= 0,0041$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0041 < 0,020 \text{ Memenuhi)}$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0041 \times 250 \times 439$$

$$= 447,88 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{S\text{perlu}} = A_s + \frac{Al}{4}$$

$$= 447,88 + 86,66$$

$$= 534,54 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D22 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s\text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{534,54 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,4 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **2D22**

$$A_{S\text{pasang}} = n \times A_{S\text{tulangan 186erti}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2$$

$$= 760,27 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{S\text{pasang}} \geq A_{S\text{perlu}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 471,95 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$A_{S'\text{perlu}} = 0,3 \times A_{S\text{pasang}}$$

$$= 0,3 \times 760,27 \text{ mm}^2$$

$$= 228,08 \text{ mm}^2$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{228,08 \text{ mm}^2}{380,13 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D22

$$As'_{\text{pasang}} = n \times As_{\text{tulangan tekan}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2$$

$$= 760,27 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$As'_{\text{pasang}} \geq As'_{\text{perlu}}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 228,08 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = mm \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = mm \quad \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm})}{2 - 1}$$

$$= 106 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$112 \text{ mm} \geq 25\text{mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$= \frac{250 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 22 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$= 106 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$106 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 25/50 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2D22

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D22

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 760,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} A_{s'\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \end{aligned}$$

$$= 760,27 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 760,27 \text{ mm}^2$$

$$760,27 \text{ mm}^2 \geq 253,4 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 2D22

Tulangan tekan : 2D22

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{2D22} = 760,27 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 57,24 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 57,24 \text{ mm}$$

$$Cc' = 304.106,17 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 304.106,17 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(304106,17 \text{ N} \times \left(439 \text{ mm} - \frac{57,24 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 124.798.555,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi M_{n_{pasang}} > M_u$$

$$99.838.844,2 \text{ Nmm} > 68.063.700 \text{ Nmm (Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 25/50 dengan bentang m untuk daerah lapangan adalah:

$$\text{Tulangan lentur tarik 1 lapis} = \mathbf{2D22}$$

$$\text{Tulangan lentur tekan 1 lapis} = \mathbf{2D22}$$

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi ENVELOPE yaitu

$$V_u = 123.081,2 \text{ N}$$

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 760,27 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 34,34 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As' \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(440,5 \text{ mm} - \frac{21,35 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 76968105,84 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 68,69 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(439 \text{ mm} - \frac{64,04 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_R = 147669293,6 \text{ Nmm}$$

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$As' = 567,06 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 68,69 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 1520,53 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(439 \text{ mm} - \frac{64,04 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_l} = 147669293,6 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

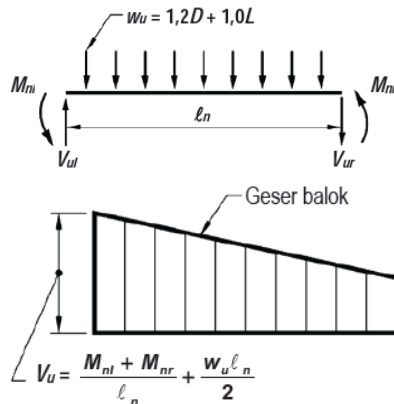
$$a = 34,34 \text{ mm}$$

$$M_{n_R} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 760,27 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(439 \text{ mm} - \frac{21,35 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{n_R} = 76968105,84 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.



Gambar 4.19 Geser Desain Balok untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 500\text{mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500\text{mm} \right) \\ &= 4.500\text{mm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{76968105,84 \text{ Nmm} + 147669293,6 \text{ Nmm}}{6500 \text{ mm}} + 123.081,2 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 173.000,6 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (Fc')

Nilai $\sqrt{f'c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f'c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$V_c = 91.458,33 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 36.583 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 182.916,67 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 1182916,67 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 365.833,33 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.

2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 173.900,6 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$173.000,6 \text{ N} \leq 38.869,79 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$38.869,79 \text{ N} \leq 173.000,6 \text{ N} \leq 77.739,58 \text{ N} \text{ **(Tidak Memenuhi)**}$$

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$77.739,58 \text{ N} \leq 173.000,6 \text{ N} \leq 108.835,42 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{max}})$$

$$108.835,42 \text{ N} \leq 173.000,6 \text{ N} \leq 233.218,75 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$233.218,75 \text{ N} \leq 173.000,6 \text{ N} \leq 388.697,92 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

$$= 113.130,63 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan diameter 10 mm – 2 kaki

$$A_v = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \text{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} 3,14 (10)^2 \cdot 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 400 \cdot 439}{113.130,63} = 146,29 \text{ mm}$$

Dipasang spasi – 90 mm

Luas penampang geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$= \frac{126901,81 \cdot 85}{400 \cdot 439}$$

$$= 96,64 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,304 \text{ maka } A_t = 27,37$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= A_v + 2 A_t \\ &= 96,64 \text{ mm}^2 + 2 (27,37 \text{ mm}^2) \\ &= 151,37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$Av_{pakai} > Av_{perlu}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 151,37 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan 197ertica tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

e. $d/4$

f. Delapan kali diameter tulangan longitudinal

g. 24 kali diameter sengkang

h. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

a. $S_{pakai} < d/4$

$$90 \text{ mm} < 439 \text{ mm}/4$$

$$90 \text{ mm} < 110 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

b. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$

$$90 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$90 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$

$$90 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$90 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$

$$90 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-90 mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{173.000.6 \text{ N} \times (0,5 \cdot 4500 \text{ mm} - 2 \cdot 500 \text{ mm})}{0,5 \cdot 4500 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 96.111,5 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$96.111,5 \text{ N} \leq 38.869,79 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$38.869,79 \text{ N} \leq 96.111,5 \text{ N} \leq 77.739 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{min})$$

$$77.739 \text{ N} \leq 96.111,5 \text{ N} \leq 108.835 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}\varphi(V_c + Vs_{min}) &\leq V_u \leq \varphi(V_c + Vs_{max}) \\ 108.835 \text{ N} &\leq 96.111,5 \text{ N} \leq 233.218,75 \text{ N} \\ \textbf{(Tidak Memenuhi)}\end{aligned}$$

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}\varphi(V_c + Vs_{max}) &\leq V_u \leq \varphi(V_c + 2Vs_{max}) \\ 233.218,75 \text{ N} &\leq 96.111,5 \text{ N} \leq 388.697,92 \text{ N} \\ \textbf{(Tidak Memenuhi)}\end{aligned}$$

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 439 \text{ mm}/2$$

$$= 219,5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 \text{ mm} < 219,5 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$Av_{min} = \frac{bw \times s}{fy}$$

$$Av_{min} = \frac{250mm \times 150 \text{ mm}}{400N/mm^2}$$

$$Av_{min} = 52,08 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,08\text{mm}^2$$

Kontrol :

$$A_v > A_{v_{min}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 52,08 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

$$\text{a. } S_{\text{pakai}} < d/2$$

$$150 \text{ mm} < 439 \text{ mm}/2$$

$$150 \text{ mm} < 220 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\text{b. } S_{\text{pakai}} < 8 \times D_{\text{lentur}}$$

$$150 \text{ mm} < 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\text{c. } S_{\text{pakai}} < 24 \times D_{\text{geser}}$$

$$150 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } S_{\text{pakai}} &< 300 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser (senggang) Ø10-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_d = 1035,29 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$1035,29 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{798,4 \text{ mm}^2}{1520,53 \text{ mm}^2} \times 1035,29 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 543,61 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 422,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 378,4 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 422,4 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{456,16 \text{ mm}^2}{760,27 \text{ mm}^2} \times 422,4 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 253,44 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 22 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 422,4 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 8d_b &= 8 \times 22 \text{ mm} \\ &= 176 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$500 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

4.3.4.3 Balok Anak

Perhitungan tulangan balok diambil dari data balok anak BA 250x450 mm. Berikut adalah data-data perencanaan balok bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe balok : BA
- Bentang balok (L) : 500 mm
- Dimensi balok (B_{balok}) : 250 mm
- Dimensi balok (H_{balok}) : 450 mm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 16 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)

- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))
- Faktor β_1 : 0,85
(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75
(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Perhitungan Tulangan Balok :

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\
 &= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 16/2 \text{ mm} \\
 &= 392 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 450 \text{ mm} - 392 \text{ mm} \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

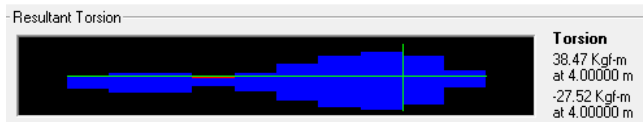
Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan balok.

➤ Hasil Output Torsi

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D+1EY+0.3EX+1L

Momen Puntir : 38,47 kg-m

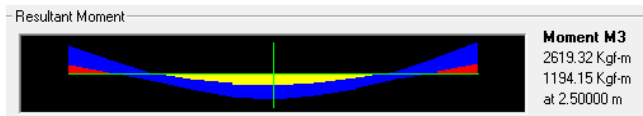


Gambar 4.20 Output Torsi Balok Anak

➤ **Hasil Output Momen Lentur**

Kombinasi : Kombinasi Envelope
 $1,2D + 1,6L + 0,5R$

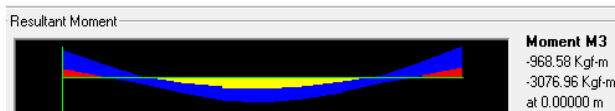
Momen Lentur Lapangan : 2.619,32 kg-m



Gambar 4.21 Ouput Momen Lapangan Balok Anak

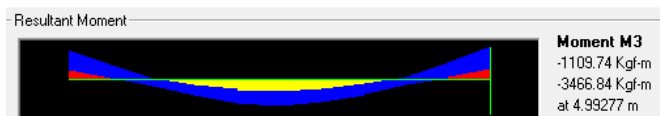
Kombinasi : Kombinasi Envelope
 $1,2D + 1,6L + 0,5R$

Momen Lentur Tump. Kiri : 3.076,96 kg-m



Gambar 4.22 Output Momen Tumpuan Kiri Balok Anak

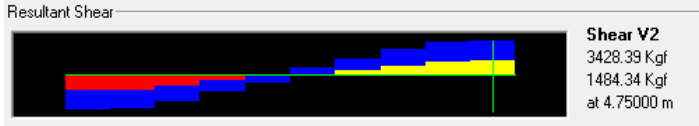
Momen Lentur Tump. Kanan : 3.466,84 kg-m



Gambar 4.23 Output Momen Tumpuan Kanan Balok

➤ **Hasil Output Diagram Gaya Geser**

Kombinasi : Kombinasi Envelope
1,2D + 1,6L
Gaya geser : 3.507,04 kg-m



Gambar 4.24 Output Momen Geser Balok Anak

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir.

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$

$$A_{cp} = 250 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 112.500 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$

$$P_{cp} = 2 \times (250 \text{ mm} + 450 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.400 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (250\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (450\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 57.600 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(250\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) + (450\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1.040 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 384.700 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{384.700 \text{ Nmm}}{0,75} = 512.933,33 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$\begin{aligned} T_u \text{ min} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{112.500^2}{1.400} \right) \\ &= 2.813.756 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} T_u \text{ max} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{112.500^2}{1400} \right) \\ &= 4.474.888 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

Cek pengaruh momen puntir

$T_u < T_u \text{ min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_u \text{ min}$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu < Tu_{min}$$

$$384.700 \text{ Nmm} < 2.813.756 \text{ Nmm}$$

(Tidak memerlukan tulangan puntir)

Maka digunakan tulangan puntir minimum.

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6** berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan } A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ &= 0,85 \times 57.600 \\ &= 48.960 \end{aligned}$$

Maka :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{512.933,33 \text{ Nmm}}{2 \times 48.960 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,013 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$A_l = 0,30 \text{ mm} \times 1.040 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$A_l = 346,64 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan *SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3*

tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{A_t}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,013 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400}$$

$$0,013 \text{ mm} \geq 0,109 \text{ mm}$$

Maka nilai A_t/s diambil = 0,109mm

Cek nilai A_l min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{A_t}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai A_{lmin} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{25} \text{ Mpa} \times 125000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,30 \text{ mm} \right) \times 1040 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{lmin} = 476,88 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan A_l dengan 2 kondisi yakni

$A_{lperlu} \leq A_{lmin}$ Maka menggunakan A_{lmin}

$A_{lperlu} \geq A_{lmin}$ Maka menggunakan A_{lperlu}

Maka ;

$$A_{lperlu} \leq A_{lmin}$$

$$346,64 \text{ mm}^2 \leq 476,88 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai A_l min = 476,88 mm²

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok sehingga:

$$\frac{A_l}{4} = \frac{476,88 \text{ mm}}{4} = 119,22 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik balok
- Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan balok

Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2x \frac{A_l}{4} = 238.44 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{238.44 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 13^2 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,8 \approx 2 \text{ Buah}$$

Kontrol A_l pasang $>$ A_l perlu

$$\begin{aligned} A_l \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan Dpuntir} \\ &= 2 \times \left(\frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (13 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } A_l \text{ pasang} &> A_l \text{ perlu} \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 > 238.44 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **2D13**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 392 \text{ mm} \\ &= 235,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 235,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 176,4 \text{ mm}$$

Garis Netral Minimum

$$X_{min} = d'$$

$$= 58 \text{ mm}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 0,85 \times 150 \text{ mm}$$

$$C_c' = 677.343,75 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$Asc = \frac{Cc'}{f_y} = \frac{677.343,75 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$Asc = 1.693,36 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$Mnc = Asc \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 1693,36 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 222.338.085,9 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600+400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,82$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi

Envelope :

Momen lentur ultimate

$$M_u = 34.668.400 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{34.668.400 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 38.520.444,44 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 38.520.444,44 \text{ Nmm} - 222.338.085,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -183.817.641,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{38.520.444,44 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (392 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,003 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 1,003}{400}} \right)$$

$$= 0,0026$$

$$\rho = 1,3 \times 0,0026 = 0,0033$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0026 < 0,020 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0033 \times 250 \times 392$$

$$= 327,28 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 327,28 + 119,22$$

$$= 466,50 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2 \\ &= 201 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16 mm** untuk tulangan puntir dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan puntir :

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{Luas \text{ tulangan}}$$

$$n = \frac{446.5 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,2 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan puntir **3D16**

$$\begin{aligned}As_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan puntir}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 603,19 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}As_{\text{pasang}} &\geq As_{\text{perlu}} \\ 603,19 \text{ mm}^2 &\geq 466,50 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned}As'_{\text{perlu}} &= 0,3 \times As_{\text{pasang}} \\ &= 0,3 \times 603,19 \text{ mm}^2 \\ &= 180,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As'_{\text{perlu}}}{Luas \text{ tulangan}}$$

$$n = \frac{180,96 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &\geq A_s'_{\text{perlu}} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 180,96 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 20\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16\text{mm})}{3 - 1} \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$51 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 20\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 25/45 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{Spasang} &= n \times A_{Stulangan\ 216erti} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 603,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= n \times A_{Stulangan\ tekan} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 603,19 \text{ mm}^2$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 201,1 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$ tulangan tarik **3D16** = 603,19 mm²

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 45,41 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 45,41 \text{ mm}$$

$$Cc' = 241.274,32 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 241.274,32 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(241.274,32 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{45,41 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 89.100.633,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\phi Mn_{pasang} > Mu$$

$$71.280.506,72 \text{ Nmm} > 34.668.400 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 25/45 dengan bentang 500 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope :

Momen lentur ultimate

$$M_u = 30.769.600 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{30.769.600 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 34.188.444,44 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 34.188.444,44 \text{ Nmm} - 222.338.085,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -188.149.641,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{34.188.444,44 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (392 \text{ mm})^2} \\ &= 0,89 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.18,82.0,89}{400}} \right) \\ &= 0,0022\end{aligned}$$

$$\rho = 0,0022 \times 1,3 = 0,0067$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0022 < 0,020 \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 250 \times 392 \\ &= 343 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 343 + 119,22 \\ &= 462,22 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2 \\ &= 201,06 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{462,22 \text{ mm}^2}{201 \text{ mm}^2} \\ n &= 2,29 \approx 3 \text{ Buah}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan\ tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 603,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &\geq A_{s_{perlu}} \\ 603,19 \text{ mm}^2 &\geq 462,22 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'_{perlu}} &= 0,3 \times A_{s_{pasang}} \\ &= 0,3 \times 603,19 \text{ mm}^2 \\ &= 180,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{A_{s'_{perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{120,63 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan\ tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &\geq A_{s'_{perlu}} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 180,96 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16\text{mm})}{3 - 1} \\
 &= 51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$51 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\
 &= 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 25/45 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= n \times A_{stulangan\ tarik} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 603,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s'_{pasang}} &= n \times A_{stulangan\ tekan} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 603,19 \text{ mm}^2$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 201,1 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3D16} = 603,19 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 45,42 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 45,42 \text{ mm}$$

$$Cc' = 241.274,32 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 241.274,32 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(241.274,32 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{45,42 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 89.100.633,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$71.280.506,72 \text{ Nmm} > 30.769.600 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 25/45 dengan bentang 500 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan balok induk menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen lentur ultimate

$$M_u = 26.193.200 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{26.193.200 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 29.103.555,56 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 29.103.555,56 \text{ Nmm} - 222.338.085,9 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -193.234.530,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{29.103.555,56 \text{ Nmm}}{250\text{mm} \times (392 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,76 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,76}{400}} \right)$$

$$= 0,0019$$

$$\rho = 1,3 \times 0,0019 = 0,0025$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0019 < 0,020$$

(Tidak Memenuhi)

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0025 \times 250 \times 392 \\ &= 343 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= A_s + A_l/4 \\ &= 343 + 119,22 \\ &= 462,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D16 mm** untuk tulangan Tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\ n &= \frac{462,22 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2} \\ n &= 2,29 \approx 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_{s\text{tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 603,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &\geq A_{s\text{perlu}} \\ 603,19 \text{ mm}^2 &\geq 462,22 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s'\text{perlu}} &= 0,3 \times A_{s\text{pasang}} \\ &= 0,3 \times 603,19 \text{ mm}^2 \\ &= 180,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{120,63 \text{ mm}^2}{201,06 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &\geq As'_{\text{perlu}} \\ 402,12 \text{ mm}^2 &\geq 180,96 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = \text{mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16\text{mm})}{3 - 1} \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$51 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{250\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$118 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur balok induk 25/45 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D16

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D16

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada balok

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D16**

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 603,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D16**

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentur \text{ tumpuan}(+) } \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}(-)}$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 603,19 \text{ mm}^2$$

$$402,12 \text{ mm}^2 \geq 201,1 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D16

Tulangan tekan : 2D16

Kontrol kemampuan penampang

$A_{s_{pasang}}$ tulangan tarik **3D16** = 603,19 mm²

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 45,42 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 250 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 45,42 \text{ mm}$$

$$Cc' = 241.274,32 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 241.274,32 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(241.274,32 \text{ N} \times \left(392 \text{ mm} - \frac{45,42 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 89.100.633,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$Mn_{pasang} > Mu$$

$$71.280.506,72 \text{ Nmm} > 26.193.200 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok induk 25/45 dengan bentang 500 m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D16**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D16**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur balok didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi ENVELOPE yaitu

$$V_u = 34.283 \text{ N}$$

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$A_s = 603,19 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 402,12 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 18,16 \text{ mm}$$

$$M_{n1} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(392 \text{ mm} - \frac{18,16 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 36.955.188,97 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 27,25 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_R = 603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(392 \text{ mm} - \frac{27,25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_R = 54.775.315,65 \text{ Nmm}$$

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 603,19 \text{ mm}^2$$

$$As' = 402,12 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 27,25 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_l = 603,19 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(392 \text{ mm} - \frac{27,25 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn_l = 54.775.315,65 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As' \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 400 \text{ mm}}$$

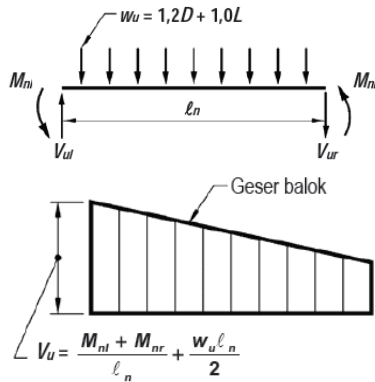
$$a = 18,16 \text{ mm}$$

$$M_{nR} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{nR} = 402,12 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(392 \text{ mm} - \frac{18,16 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nR} = 36.955.188,97 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4**.



Gambar 4.25 Gesser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{balok}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 500\text{mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500\text{mm} \right) \\ &= 4.550\text{mm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u \\ V_{u1} &= \frac{36.955.188,97 \text{ Nmm} + 54.775.315,65 \text{ Nmm}}{4550 \text{ mm}} + 34.283 \text{ N} \\ V_{u1} &= 54.668,46 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa
(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 250 \text{ mm} \times 392 \text{ mm}$$

$$V_c = 81.666,67 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 250 \text{ mm} \times 412 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 326.66,67 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 250 \text{ mm} \times 412 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 163.333,33 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 163.333,33 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 326.666,67 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.
2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Balok

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 55.454,96 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 \rightarrow Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$54.668,46 \text{ N} \leq 34.708,33 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 \rightarrow Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$34.708,33 \text{ N} \leq 54.668,46 \text{ N} \leq 69.416,67 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 3 \rightarrow Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$69.416,67 \text{ N} \leq 54.668,46 \text{ N} \leq 97.183,33 \text{ N} \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Kondisi Geser 4 \rightarrow Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{max}})$$

$$97.183,33 \text{ N} \leq 54.668,46 \text{ N} \leq 208.205 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 5 \rightarrow Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$208.205 \text{ N} \leq 54.668,46 \text{ N} \leq 347.083,33 \text{ N} \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 2

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/4 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/4$$

$$= 392 \text{ mm}/4$$

$$= 98 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 90 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$90 \text{ mm} < 98 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v_{min}} = \frac{bw \times s}{fy}$$

$$A_{v_{min}} = \frac{250 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{v_{min}} = 31,25 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_v > A_{v_{min}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 31,25 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{pakai} < d/4$
 $90 \text{ mm} < 392 \text{ mm}/4$
 $90 \text{ mm} < 98 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $90 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$
 $90 \text{ mm} < 128 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $90 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $90 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $90 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-90 mm pada daerah lapangan.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{54.668,46 \text{ N} \times (0,5 \cdot 4550 \text{ mm} - 2 \cdot 450 \text{ mm})}{0,5 \cdot 4550 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 32.801 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$32.801 \text{ N} \leq 34.708,33 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$34.708,33 \text{ N} \leq 32.801 \text{ N} \leq 69.416,67 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{smin})$$

$$69.416,67 \text{ N} \leq 32.801 \text{ N} \leq 97.183,33 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + V_{smax})$$

$$97.183,33 \text{ N} \leq 32.801 \text{ N} \leq 208.205 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$208.205 \text{ N} \leq 32.801 \text{ N} \leq 347.083,33 \text{ N} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 1

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 392 \text{ mm}/2$$

$$= 196 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 125 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$125 \text{ mm} < 196 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v_{min}} = \frac{b_w \times s}{f_y}$$

$$A_{v_{min}} = \frac{250 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{v_{min}} = 43,40 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \times 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_v > A_{v_{min}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 43,40 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada balok

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- $S_{pakai} < d/2$
 $125 \text{ mm} < 392 \text{ mm}/2$
 $125 \text{ mm} < 196 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $125 \text{ mm} < 8 \times 16 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 128 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $125 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $125 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-125 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_d = 609,52 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$609,52 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{446,49 \text{ mm}^2}{603,19 \text{ mm}^2} \times 609,52 \text{ mm}$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = 451,19 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 307,2 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 275,2 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 307,2 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{180,96 \text{ mm}^2}{402,12 \text{ mm}^2} \times 307,2 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 138,24 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 16 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 307,2 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 16 \text{ mm}$$

$$= 128 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$400 \text{ mm} > 128 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

4.3.4.4 Sloof

Perhitungan tulangan sloof diambil dari data sloof B11 300x600 mm. Berikut adalah data-data perencanaan sloof bordes, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa

SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe sloof : S1
- Bentang sloof (L) : 700 mm
- Dimensi sloof (B_{sloof}) : 300 mm
- Dimensi sloof (H_{sloof}) : 600 mm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)

- Tebal selimut beton (decking) : 50 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))

- Faktor β_1 : 0,85

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) : 0,9

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

- Faktor reduksi kekuatan torsi (ϕ) : 0,75

(SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)

Perhitungan Tulangan sloof :

Tinggi efektif balok :

$$d = h - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{tulangan geser}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan lentur}}$$

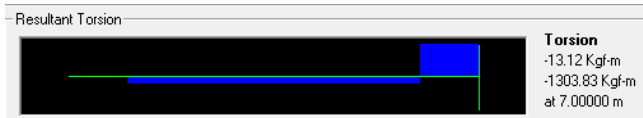
$$\begin{aligned}
 &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 19/2 \text{ mm} \\
 &= 530,5 \text{ mm} \\
 d' &= h-d \\
 &= 600 \text{ mm} - 530,5 \\
 &= 69,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil Output SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu struktur SAP 2000, maka didapatkan hasil perhitungan struktur dan diagram gaya dalam. Hasil dari program bantu struktur SAP 2000 dapat digunakan pada proses perhitungan penulangan sloof.

➤ **Hasil Output Torsi**

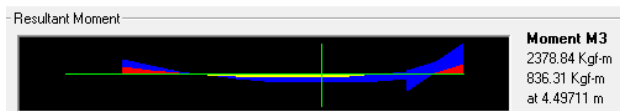
Kombinasi : Kombinasi Envelope
Momen Puntir : 1.303,83 kg-m



Gambar 4.26 Output Momen Torsi Sloof

➤ **Hasil Output Momen Lentur**

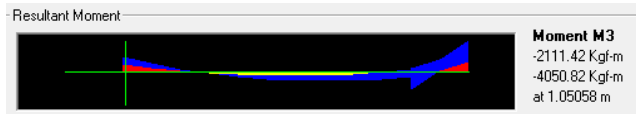
Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D-1Ex-0.3Ey+1L
Momen Lentur Lapangan : 2.378,84 kg-m



Gambar 4.27 Output Momen Lapangan Sloof

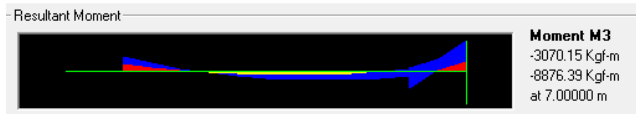
Kombinasi : Kombinasi Envelope
1.2D+1Ey+0.3Ex+1L

Momen Lentur Tump. Kiri : 4.050,82 kg-m



Gambar 4.28 Output Momen Tumpuan Kiri Sloof

Momen Lentur Tump. Kanan : 8.876,39 kg-m



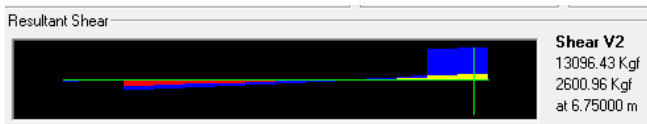
Gambar 4.29 Output Momen Tumpuan Kanan Sloof

➤ Hasil Output Diagram Gaya Geser

Kombinasi : Kombinasi Envelope

1.2D+1Ex-0.3Ey+1L

Gaya geser : 13.096,43 kg-m



Gambar 4.30 Output Momen Geser Sloof

- Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser dan puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton :

$$A_{cp} = b_{sloof} \times h_{sloof}$$

$$A_{cp} = 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = 180.000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton A_{cp} :

$$P_{cp} = 2 \times (b_{sloof} + h_{sloof})$$

$$P_{cp} = 2 \times (300 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$

$$P_{cp} = 1.800 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$A_{oh} = (b_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) \times (h_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$A_{oh} = (300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (600\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})$$

$$A_{oh} = 93.100 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$P_{oh} = 2 \times [(b_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser}) + (h_{sloof} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})]$$

$$P_{oh} = 2 \times [(300\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm}) + (600\text{mm} - 2.40\text{mm} - 10\text{mm})]$$

$$P_{oh} = 1.360 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Puntir :

Berdasarkan hasil analisa struktur SAP 2000 diperoleh momen puntir terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen puntir ultimate :

$$T_u = 13.038.300 \text{ Nmm}$$

Momen puntir nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{13.038.300 \text{ Nmm}}{0,75} = 17.384.400 \text{ Nmm}$$

Pengaruh 245ertic dapat diabaikan bila momen puntir terfaktot T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi dibawah ini.

$$T_u \text{ min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{18.000^2}{1.800} \right)$$

$$= 5.602.500 \text{ Nmm}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1 (a))

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$Tu \text{ max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{18.000^2}{1.800} \right)$$

$$= 8.910.000 \text{ Nmm}$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.2.2 (a))

Cek pengaruh momen puntir

$Tu < Tu \text{ min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$Tu > Tu \text{ min}$, maka memerlukan tulangan puntir

Masuk pada kondisi :

$$Tu < Tu \text{ min}$$

$$13.038.300 > 5.602.500 \text{ (memerlukan tulangan 246ertic)}$$

➤ Tulangan puntir untuk lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7** direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \phi$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6** berasal dari persamaan berikut

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt} \times \cot \phi}$$

$$\text{Dengan } A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$= 0,85 \times 93.100$$

$$= 91.035$$

Maka :

$$\frac{At}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \emptyset}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{17.384.400 \text{ Nmm}}{2 \times 79.135 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Nmm} \times \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 0,27 \text{ mm}$$

Sehingga Tulangan puntir untuk lentur :

$$Al = \frac{At}{s} \times P_{oh} \times \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \times \cot^2 \emptyset$$

$$Al = 0,27 \text{ mm} \times 1.360 \text{ mm} \times \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \cot^2 45$$

$$Al = 571,54 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan **SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3**

tulangan torsi longitudinal minimum harus diambil nilai dengan ketentuan :

$$\frac{At}{s} \geq \frac{0,175 \times B_w}{F_{yt}}$$

$$0,27 \text{ mm} \geq \frac{0,175 \times 300 \text{ mm}}{400}$$

$$0,27 \text{ mm} \geq 0,131 \text{ mm}$$

Maka nilai At/s diambil = 0,27 mm

Cek nilai Al min dengan persamaan :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{At}{s} \right) \times P_{oh} \times \frac{F_{yt}}{F_y}$$

Maka nilai Al_{min} :

$$\left(\frac{0,42 \times \sqrt{25 \text{ Mpa}} \times 18.000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,241 \text{ mm} \right) \times 1.360 \text{ mm} \times \frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Al_{min} = 571,54 \text{ mm}^2$$

Kontrol penggunaan Al dengan 2 kondisi yakni

$A_{\text{perlu}} \leq A_{\text{min}}$ Maka menggunakan A_{min}

$A_{\text{perlu}} \geq A_{\text{min}}$ Maka menggunakan A_{perlu}

Maka ;

$$A_{\text{perlu}} \leq A_{\text{min}}$$

$$373,46 \text{ mm}^2 \leq 571,54 \text{ mm}^2$$

Sehingga yang digunakan nilai $A_{\text{min}} = 571,54 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang sloof sehingga:

$$\frac{A}{4} = \frac{571,54 \text{ mm}}{4} = 142,89 \text{ mm}^2$$

Penyebaran pada penulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi pada setiap sisinya :

- Pada sisi atas : disalurkan pada tulangan tarik sloof
 - Pada sisi bawah : disalurkan pada tulangan tekan sloof
- Maka masing-masing sisi atas dan bawah sloof mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar $142,89 \text{ mm}^2$. Pada sisi kanan dan sisi kiri dipasang luasan tulangan puntir sebesar :

$$2 \times \frac{A}{4} = 285,77 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{285,77 \text{ mm}^2}{0,25 \pi 13^2 \text{ mm}^2}$$

$$n = 2,15 \approx 4 \text{ Buah}$$

Kontrol $A_{\text{pasang}} > A_{\text{perlu}}$

$$\begin{aligned} A_{\text{pasang}} &= n \text{ pasang} \times \text{Luasan puntir} \\ &= 4 \times \left(\frac{1}{4} \times 22/7 \times (13 \text{ mm})^2\right) \\ &= 530,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } A_{\text{pasang}} &> A_{\text{perlu}} \\ &= 530,93 \text{ mm}^2 > 285,77 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Sehingga tulangan puntir ditumpuan kiri, kanan dan lapangan dipasang sebesar **4D13**

Perhitungan Tulangan Lentur :

Garis Netral Dalam Kondisi Balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600+400} \times 530,5 \text{ mm} \\ &= 318,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 318,3 \text{ mm} \\ &= 238,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Minimum

$$\begin{aligned} X_{min} &= d' \\ &= 69,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral Rencana (Asumsi)

$$X_{rencana} = 150 \text{ mm}$$

Komponen Beton Tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 300\text{mm} \times 0,85 \times 150\text{mm}$$

$$C_c' = 812812,5 \text{ N}$$

Luas Tulangan Lentur Gaya Tarik Tulangan Lentur Tunggal

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{812812,5 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}}$$

$$A_{sc} = 2032,031 \text{ mm}^2$$

Momen Nominal Tulangan Lentur Tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2032,03 \text{ mm}^2 \times 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 379.380.234,4 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,004$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,027$$

$$= 0,0203$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{f_y}{0,85 \times 25}$$

$$= 18,82$$

DAERAH TUMPUAN KANAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan sloof menggunakan momen terbesar akibat kombinasi

Envelope :

Momen lentur ultimate

$$M_u = 88.763.900 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{88.763.900 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 98.626.555,56 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 98.626.555,56 \text{ Nmm} - 379.380.234,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -280.753.678,82 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{98.626.555,56 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (530,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 1,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 1,17}{400}} \right)$$

$$= 0,0030$$

$$\rho = 1,3 \times 0,0030 = 0,0039$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0030 < 0,020 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 300 \times 530,5 \\
 &= 478,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\
 &= 478,31 + 142,89 \\
 &= 621,20 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2 \\
 &= 283,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan balok.

Jumlah tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}} \\
 n &= \frac{621,20 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2} \\
 n &= 2,19 \approx 3 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik **3D19**

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times A_{S_{\text{tulangan tarik}}} \\
 &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \\
 &= 850,59 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &\geq A_{S_{\text{perlu}}} \\
 850,59 \text{ mm}^2 &\geq 721,22 \text{ mm}^2 \quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 A_{s' \text{ perlu}} &= 0,3 \times A_{S_{\text{pasang}}} \\
 &= 0,3 \times 850,59 \text{ mm}^2 \\
 &= 255,18 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{255,18 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 567,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &\geq As'_{\text{perlu}} \\ 567,06 \text{ mm}^2 &\geq 255,18 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Øgeser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{300\text{mm} - 50 - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19\text{mm})}{3 - 1} \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$61,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \textbf{(Susun 1 lapis)}$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{300\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1}$$

$$= 142\text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$142\text{ mm} \geq 25\text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 30/60 untuk daerah tumpuan kanan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada sloof

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur\ tumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur\ tumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D22**

$$A_{spasang} = n \times A_{stulangan\ tarik}$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{ mm})^2$$

$$= 850,59\text{ mm}^2$$

Tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned}
 A_s'_{\text{pasang}} &= n \times A_{\text{tulangan tekan}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 567,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}(+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan}(-)}$$

$$567,06 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 850,59 \text{ mm}^2$$

$$567,06 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kanan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik : 3D19

Tulangan tekan : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{\text{pasang}}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3D19} = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,59 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 53,37 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 53,37 \text{ mm}$$

$$Cc' = 340.023,48 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \times f_y$$

$$T = 1140,40 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 340.023,48 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(340.023,48 \text{ N} \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{53,37 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 171.415.217,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\theta. Mn_{pasang} > Mu$$

$$171.415.217,2 \text{ Nmm} > 131.863.000 \text{ Nmm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 30/60 dengan bentang 7 m untuk daerah tumpuan kanan adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH TUMPUAN KIRI

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kiri sloof menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope :

Momen lentur ultimate

$$M_u = 40.508.200 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{40.508.200 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 45.009.111,11 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 45.009.111,11 \text{ Nmm} - 379.380.234,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -334.371.123,26 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{45.009.111,11 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (530,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,53}{400}} \right)$$

$$= 0,0013$$

$$\rho = 0,0013 \times 1,3 = 0,0018$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0013 < 0,020 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 300 \times 530,5$$

$$= 557,03 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 557,03 + 142,89$$

$$= 699,91 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \times \pi \times (19)^2$$

$$= 283,53 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan 258erti dan tulangan tekan sloof.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ tulangan}}$$

$$n = \frac{699,91 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,50 \approx 3 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **3D19**

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tarik}} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &\geq As_{\text{perlu}} \\ 850,58 \text{ mm}^2 &\geq 699,91 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} As'_{\text{perlu}} &= 0,3 \times As_{\text{pasang}} \\ &= 0,3 \times 850,58 \text{ mm}^2 \\ &= 255,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{Luas \text{ tulangan}}$$

$$n = \frac{255,18 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,9 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D22**

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n \times As_{\text{tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \\ &= 567,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &\geq As'_{\text{perlu}} \\ 567,06 \text{ mm}^2 &\geq 255,18 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19\text{mm})}{3 - 1} \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$61,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$142 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 30/60 untuk daerah tumpuan kiri :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 3D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada sloof

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **3D19**

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= n \times A_{Stulangan\ tarik} \\ &= 3 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \\ &= 850,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned} A_{s'pasang} &= n \times A_{Stulangan\ tekan} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 567,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{lentukumpuan}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentukumpuan}(-)$$

$$567,08 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 850,59 \text{ mm}^2$$

$$567,08 \text{ mm}^2 \geq 283,5 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Jadi, pada daerah tumpuan kiri, dipasang tulangan:

Tulangan tarik 1 lapis : 3D19

Tulangan tekan 1 lapis : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{spasang} \text{ tulangan tarik } \mathbf{3D19} = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,59 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 53,37 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 53,37 \text{ mm}$$

$$Cc' = 340.234,48 \text{ N}$$

$$T = A_{s\text{pakai}} \times f_y$$

$$T = 850,59 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 340.234,48 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(340.234,48 \text{ N} \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{53,37 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 171.415.217,2 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\theta. Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$137.132.173,7 \text{ Nmm} > 45.612.300 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 30/60 dengan bentang 5m untuk daerah tumpuan kiri adalah:

Tulangan lentur tarik 1 lapis = **3D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

DAERAH LAPANGAN

Perhitungan tulangan lentur tumpuan kanan sloof menggunakan momen terbesar akibat kombinasi Envelope

Momen lentur ultimate

$$M_u = 23.788.400 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal :

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{23.788.400 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 26.431.555,56 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = 0$, maka tidak perlu tulangan lentur tekan

Maka :

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$M_{ns} = 26.431.555,56 \text{ Nmm} - 379.380.234,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = -352.948.678,82 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} < 0$$

Sehingga tidak perlu menggunakan tulangan lentur tekan dan perencanaan selanjutnya menggunakan tulangan lentur tunggal.

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{26.431.555,56 \text{ Nmm}}{300\text{mm} \times (530,5 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,21 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,82 \cdot 0,21}{400}} \right)$$

$$= 0,0008$$

$$\rho = 0,0008 \times 1,3 = 0,0010$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0008 < 0,020$$

(Tidak Memenuhi)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0008 \times 300 \times 530,5$$

$$= 163,14 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu lentur ditambah luasan tambahan puntir longitudinal untuk lentur :

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_l}{4}$$

$$= 163,14 + 142,89$$

$$= 306,02 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D19 mm** untuk tulangan tarik dan tulangan tekan sloof.

Jumlah tulangan tarik :

$$n = \frac{A_{s\text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{306,02 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,8 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tarik **2D19**

$$A_{s\text{pasang}} = n \times A_{s\text{tulangan tarik}}$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 567,06 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$567,06 \text{ mm}^2 \geq 306,02 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jumlah tulangan tekan :

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ perlu}} &= 0,3 \times A_{s \text{ pasang}} \\ &= 0,3 \times 567,06 \text{ mm}^2 \\ &= 170,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.1)

$$n = \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{170,12 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2}$$

$$n = 0,6 \approx 2 \text{ Buah}$$

Dipasang tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n \times A_{s \text{ tulangan tekan}} \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 567,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &\geq A_{s' \text{ perlu}} \\ 567,06 \text{ mm}^2 &\geq 170,12 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan pasang

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = mm \quad \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = mm \quad \rightarrow \text{susun lebih dari satu}$$

Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300 \text{ mm} - (2 \times 50 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 19 \text{ mm})}{2 - 1} \\ &= 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$142 \text{ mm} > 25\text{mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset \text{geser}) - (\text{jumlah tul} \times D_{lentur})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\ &= \frac{300\text{mm} - (2 \times 50\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm})}{2 - 1} \\ &= 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{maks} \geq S_{sejajar}$$

$$142 \text{ mm} > 25\text{mm} \quad (\text{Susun 1 lapis})$$

Maka dipakai tulangan lentur sloof 30/60 untuk daerah lapangan :

Tulangan Lentur Tarik susun 1 lapis = 2D19

Tulangan Lentur Tekan susun 1 lapis = 2D19

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan lentur pada sloof

Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$M_{lentur \text{ tumpuan}}(+) \geq \frac{1}{3} \times M_{lentur \text{ tumpuan}}(-)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.4.1)

Maka berdasarkan persamaan diatas dilakukan pengecekan dan peninjauan terhadap tulangan pasang :

Tulangan tarik **2D19**

$$\begin{aligned}
 A_{s_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan tarik}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 567,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan **2D19**

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{pasang}} &= n \times A_{s_{tulangan tekan}} \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\
 &= 567,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{lentuk tumpuan (+)} \geq \frac{1}{3} \times M_{lentuk tumpuan (-)}$$

$$567,06 \text{ mm}^2 \geq \frac{1}{3} \times 567,06 \text{ mm}^2$$

$$567,06 \text{ mm}^2 \geq 189 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi, pada daerah lapangan, dipasang tulangan:

Tulangan tarik 1 lapis : 2D19

Tulangan tekan 1 lapis : 2D19

Kontrol kemampuan penampang

$$A_{s_{pasang}} \text{ tulangan tarik } \mathbf{2D19} = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{567,06 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 35,58 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times b \times f_c' \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 300 \text{ mm} \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 35,58 \text{ mm}$$

$$Cc' = 226.822,99 \text{ N}$$

$$T = A_{s_{pakai}} \times f_y$$

$$T = 567,06 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2$$

$$T = 226.822,99 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

$$Mn = \left(226.822,99 \text{ N} \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{35,58 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$Mn = 116.294.406,3 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\theta. Mn_{\text{pasang}} > Mu$$

$$93.035.525,03 \text{ Nmm} > 17.940.800 \text{ Nmm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk sloof 30/60 dengan bentang m untuk daerah lapangan adalah:

Tulangan lentur Tarik 1 lapis = **2D19**

Tulangan lentur tekan 1 lapis = **2D19**

Perhitungan Tulangan Geser :

Dalam perhitungan kebutuhan tulangan lentur sloof didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri balok induk. Luasan tulangan tersebut digunakan untuk mencari momen nominal kiri dan momen nominal kanan. Berdasarkan hasil SAP 2000, gaya terfaktor geser terbesar diperoleh dari kombinasi ENVELOPE yaitu

$$Vu = 130.964,3 \text{ N}$$

Momen Nominal Penampang

Momen nominal penampang dihitung sebagai momen nominal tumpuan kanan dan momen nominal tumpuan kiri.

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kanan

$$As = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$As' = 567,06 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{567,06 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 21,35 \text{ mm}$$

$$Mn_l = As' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_l = 567,06 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{21,35 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_l = 70.745.089,3 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,59 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 32,02 \text{ mm}$$

$$Mn_R = As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn_R = 850,59 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{32,20 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$Mn_R = 105.028.132,7 \text{ Nmm}$$

Momen nominal untuk struktur bergoyang ke kiri

$$As = 1140,4 \text{ mm}^2$$

$$As' = 760,27 \text{ mm}^2$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{850,59 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = 32,02 \text{ mm}$$

$$M_{nR} = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 850,59 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{32,20 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nR} = 105.028.132,7 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{A_s' \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{567,06 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 25 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

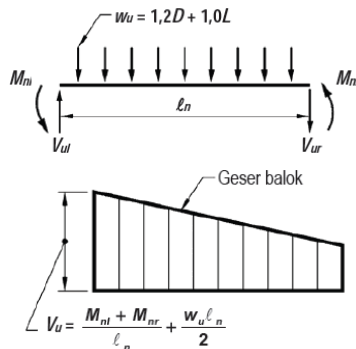
$$a = 21,35 \text{ mm}$$

$$M_{nI} = A_s' \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{nI} = 567,06 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2 \times \left(530,5 \text{ mm} - \frac{21,35 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nI} = 70.745.089,3 \text{ Nmm}$$

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok gaya gravitasi yang bekerja pada struktur berdasarkan **SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4.**



Gambar 4.31 Geser Desain untuk SRPMM

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u \times l_n}{2}$$

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

(SNI 2847:2013, Pasal 21.3.3.1 (a))

Keterangan

V_{u1} : gaya geser pada muka perletakan

M_{nl} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kiri)

M_{nr} : momen nominal aktual balok daerah tumpuan
(kanan)

l_n : panjang balok bersih

$$\begin{aligned} l_n &= L_{\text{sloof}} - 2 \left(\frac{1}{2} \times b_{\text{kolom}} \right) \\ &= 7000\text{mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 500\text{mm} \right) \\ &= 6500\text{mm} \end{aligned}$$

Maka perhitungan geser pada ujung perletakan :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u1} = \frac{70.745.089,3 \text{ Nmm} + 105.028.132,7 \text{ Nmm}}{6500 \text{ mm}} + 130.964,3 \text{ N}$$

$$V_{u1} = 158.006,33 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton (F_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

(SNI 03-2847-2013, pasal 11.1.2)

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{25} \text{ mpa} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \quad (\text{memenuhi syarat SNI})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1)

Dengan:

$\lambda = 1$, untuk beton normal

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times 300\text{mm} \times 530,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 132625 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 540,5 \text{ mm}$$

$$V_{s_{\min}} = 53050 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \times 300\text{mm} \times 530,5\text{mm}$$

$$V_{s_{\max}} = 265250 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 2 \times 265250 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = 530500 \text{ N}$$

Pembagian Wilayah Geser Sloof

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan) sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom tengah bentang.

2. Wilayah 2 (daerah lapangan) dimulai dari wilayah 1 atau 3 sampai ke tengah bentang balok.

Perhitungan Penulangan Geser Sloof

Wilayah 1 dan 3 (Daerah Tumpuan)

$$V_{u1} = 239303,53 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$158.006,33 \text{ N} \leq 56.365,63 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$56.365,63 \text{ N} \leq 158.006,33 \text{ N} \leq 112.731,25 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$112.731,25 \text{ N} \leq 158.006,33 \text{ N} \leq 157.823,75 \text{ N} \quad ($$

Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{max}})$$

$$157.823,75 \text{ N} \leq 158.006,33 \text{ N} \leq 338.193,75 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$338.193,75 \text{ N} \leq 158.006,33 \text{ N} \leq 563.656,25 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \left(\frac{Vu}{\phi} \right) - V_c$$

$$= 53.264,80 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan diameter 10 mm – 2 kaki

$$A_v = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \text{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} 3.14 (10)^2 \cdot 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 240 \cdot 530,5}{53.264,80} = 132,63 \text{ mm}$$

Dipasang spasi – 100 mm

Luas penampang geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y d}$$

$$= \frac{53.264,80 \cdot 100}{400 \cdot 530,5}$$

$$= 41,48 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,27 \text{ maka } A_t = 27,46 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total} &= A_v + 2 A_t \\ &= 41,48 \text{ mm}^2 + 2 (27,46 \text{ mm}^2) \\ &= 96,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{v \text{ pakai}} > A_{v \text{ perlu}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 96,76 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada sloof

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus di pasang sengkang sepanjang jarak dua kali komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan.

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

- a. $S_{pakai} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 530,5 \text{ mm}/4$
 $100 \text{ mm} < 133 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. $S_{pakai} < 8 \times D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. $S_{pakai} < 24 \times D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-100mm pada daerah tumpuan kiri dan kanan dipasang sejarak 50 mm dari ujung perletakan balok.

Wilayah 2 (Daerah Lapangan)

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segetiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{V_{u2}}{0,5Ln - 2h} = \frac{V_{u1}}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{V_{u1} \times (0,5Ln + 2h)}{0,5Ln}$$

$$V_{u2} = \frac{158.006,33 \text{ N} \times (0,5 \cdot 6500 \text{ mm} - 2 \cdot 600 \text{ mm})}{0,5 \cdot 6500 \text{ mm}}$$

$$V_{u2} = 99.665,53 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Kondisi Geser 1 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$$

$$99.665,53 \text{ N} \leq 56365,63 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$0,5 \times \varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$$

$$56365,63 \text{ N} \leq 99.665,53 \text{ N} \leq 112731,25 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 3 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi \times V_c \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{min}})$$

$$112731,25 \text{ N} \leq 99.665,53 \text{ N} \leq 157823,75 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Kondisi Geser 4 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi (V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \varphi (V_c + V_{s_{max}})$$

$$157823,75 \text{ N} \leq 99.665,53 \text{ N} \leq 338193,75 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 5 → Tidak memerlukan tulangan geser

$$\varphi(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \varphi(V_c + 2V_{s_{max}})$$

$$338193,75 \text{ N} \leq 99.665,53 \text{ N} \leq 563656,25 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 3

Syarat spasi tulangan :

$$S_{maks} \leq d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = d/2$$

$$= 530,5 \text{ mm}/2$$

$$= 265,25 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan spasi tulangan minimum 150 mm

Kontrol :

$$S < S_{maks}$$

$$150 \text{ mm} < 265,25 \text{ mm}$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v_{min}} = \frac{bw \times s}{f_y}$$

$$A_{v_{min}} = \frac{300 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}}{240 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{v_{min}} = 62,5 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki. Maka luas penampang tulangan geser yang diperlukan:

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times (10\text{mm}^2) \times 2$$

$$A_v = 157,08\text{mm}^2$$

Kontrol :

$$A_v > A_{v_{min}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 62,5 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser pada sloof

Pada sepanjang panjang komponen struktur lentur spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- $d/2$
- Delapan kali diameter tulangan longitudinal
- 24 kali diameter sengkang
- 300 mm

(SNI 03-2847-2013, pasal 21.3.4.(2))

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned} \text{a. } S_{\text{pakai}} &< d/2 \\ 150 \text{ mm} &< 530,5 \text{ mm}/2 \\ 150 \text{ mm} &< 265 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } S_{\text{pakai}} &< 8 \times D_{\text{lentur}} \\ 150 \text{ mm} &< 8 \times 19 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 152 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } S_{\text{pakai}} &< 24 \times D_{\text{geser}} \\ 150 \text{ mm} &< 24 \times 10 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 240 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } S_{\text{pakai}} &< 300 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser (sengkang) Ø10-150 mm pada daerah lapangan.

Perhitungan Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dalam kondisi tarik

$$l_d = \frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013, pasal 12.2.1)

Dimana :

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = Diameter tulangan

Ψ_t = factor lokasi penulangan = 1

Ψ_e = Faktor pelapis = 1

λ = Faktor digunakan agegat normal 1

Maka,

$$l_d = \frac{400 \text{ Nmm} \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_d = 723,81 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$723,81 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Reduksi panjang penyaluran :

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_d$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = \frac{721,22 \text{ mm}^2}{850,59 \text{ mm}^2} \times 723,81 \text{ mm}$$

$$\lambda_d \text{ reduksi} = 613,72 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dalam kondisi tekan

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 364,8 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 \times f_y \times d_b$$

$$l_{dc} = 0,043 \times 400 \text{ Mpa} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 326,8 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar, $l_{dc} = 364,8 \text{ mm}$

Reduksi panjang penyaluran tulangan :

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = \frac{255,18 \text{ mm}^2}{567,06 \text{ mm}^2} \times 364,8 \text{ mm}$$

$$l_{dc \text{ reduksi}} = 164,16 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \times d_b \geq 8d_b \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 400 \text{ Nmm}}{1 \times \sqrt{25 \text{ Nmm}}} \times 19 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 364,8 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$8d_b = 8 \times 19 \text{ mm}$$

$$= 152 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$l_{dh} > 8d_b$$

$$400 \text{ mm} > 152 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

4.3.5 Perhitungan Penulangan Kolom

Perhitungan tulangan kolom diambil dari data kolom K1 (500x500) mm pada lantai as berdasarkan beban aksial ultimate terbesar (P_u). Berikut adalah data-data perencanaan kolom, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yang selanjutnya akan dihitung menggunakan metode SRPMM.

Data-data perencanaan :

- Tipe kolom : K1
 - As kolom : C6
 - Tinggi kolom : 5500 mm
 - Dimensi balok (B_{kolom}) : 300 mm
 - Dimensi balok (H_{kolom}) : 600 mm
 - Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
 - Kuat leleh tulangan geser (f_{ys}) : 240 Mpa
 - Diameter tulangan lentur (D) : 22 mm
 - Diameter tulangan geser (ϕ) : 10 mm
 - Spasi antar tulangan sejajar : 30 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.6.1)**
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1(c))**
- Faktor β_1 : 0,85
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.2.7.3)**
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ): 0,8
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)**
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0,75
- (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.3)**

Perhitungan Tulangan Kolom :

Maka lebar efektif kolom :

$$\begin{aligned} dx &= b - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{22}{2} \text{ mm} \\ &= 439 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{22}{2} \text{ mm} \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - t_{\text{decking}} - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan lentur}} - \frac{1}{2} b \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{22}{2} \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 500) \\ &= 211 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil Output SAP 2000 :

Berdasarkan hasil output SAP 2000 frame didapatkan diagram analisa sebagai berikut.

➤ Hasil Output Aksial

Kombinasi : 1,4D

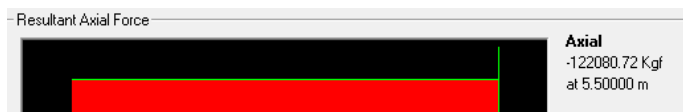
Gaya Aksial : 955.672,58 N



Gambar 4.32 Output aksial kombinasi 1,4D

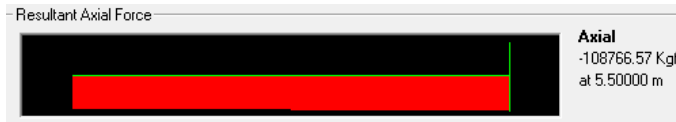
Kombinasi : 1,2D + 1,6L + 0,5Lr

Gaya Aksial : 1.196.391,06 N



Gambar 4.33 Output aksial kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr

Kombinasi : $1,2D + 0,3Ex + 1Ey + 1L$
 Gaya Aksial : 1.065.912,39 N



Gambar 4.34 Output aksial kombinasi $1,2D+0,3Ex+1Ey+1L$

Kombinasi : $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L$
 Gaya Aksial : 1.124.779,81 N



Gambar 4.35 Output aksial kombinasi $1,2D+1Ex+0,3Ey+1L$

Momen pada penampang kolom ditinjau dari dua arah, yaitu momen arah X dan arah Y.

➤ Hasil Output Momen Arah X (M33)

Momen akibat pengaruh gempa

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm (SNI 2847-2013)

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm (SNI 2847-2013)

Kombinasi : $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L$
 Momen M_{1s} : 92.801.500 Nmm



Gambar 4.36 Output M_{1s} X kombinasi $1,2D+1Ex+0,3Ey+1L$

Kombinasi : $1,2D + 1Ex + 0,3Ey + 1L$
 Momen M_{2s} : 127.000.000 Nmm



Gambar 4.37 Ouput M_{2s} X kombinasi $1,2D+1Ex+0,3Ey+1L$

Momen akibat pengaruh gravitasi

M_{1ns} = nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

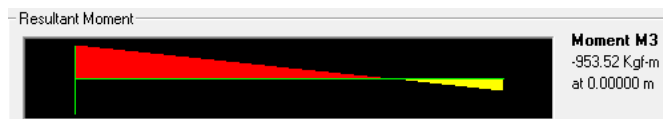
M_{2ns} = nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping (SNI 2847-2013)

Kombinasi : $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
 Momen M_{1ns} : 3.281.400 Nmm



Gambar 4.38 Ouput M_{1ns} X kombinasi $1,2D+1,6L+0,5Lr$

Kombinasi : $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
 Momen M_{2ns} : 9.535.200 Nmm



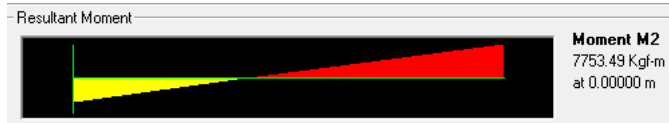
Gambar 4.39 Output M_{2ns} X kombinasi $1,2D+1,6L+0,5Lr$

➤ **Hasil Output Momen Arah Y (M22)**

Momen akibat pengaruh gempa

Kombinasi : $1,2D + 0,3Ex + 1Ey + 1L$

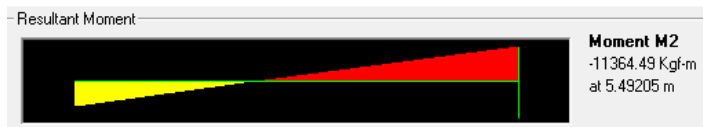
Momen M_{1s} : 77.534.900 Nmm



Gambar 4.40 Output M1s Y kombinasi 1,2D+0,3Ex+1Ey+1L

Kombinasi : $1,2D + 0,3Ex + 1Ey + 1L$

Momen M_{2s} : 113.640.000 Nmm



Gambar 4.41 Output M2s Y kombinasi 1,2D+0,3Ex+1Ey+1L

Momen akibat pengaruh gravitasi

Kombinasi : $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$

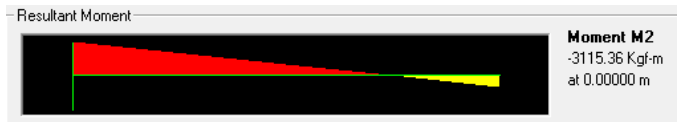
Momen M_{1ns} : 10.430.900 Nmm



Gambar 4.42 Output M1ns Y kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr

Kombinasi : $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$

Momen M_{2ns} : 31.153.600 Nmm



Gambar 4.43 Output M_{2ns} Y kombinasi 1,2D+1,6L+0,5Lr

Syarat gaya aksial pada kolom

Menurut **SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.2** Gaya tekan aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$ dan Bila P_u lebih besar maka perhitungan harus mengikuti 21.3.5 (Ketentuan Kolom untuk SRPMM)

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} < P_u$$

$$\frac{250.000 \text{ mm}^2 \times 25 \text{ N/mm}^2}{10} < 1.196.391,06 \text{ N}$$

$$625.500 \text{ N} < 1.196.391,06 \text{ N}$$

Perhitungan tulangan lentur

Menghitung β_d

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\beta_d = \frac{P_u \text{ (akibat beban gravitasi)}}{P_u \text{ (akibat beban gempa)}}$$

$$\beta_d = \frac{1.196.391,06 \text{ N}}{1.124.779 \text{ N}}$$

$$\beta_d = 1,06$$

Kolom (50 x 50)

$$E_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= 0,7 \times \frac{1}{12} \times 500 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3$$

$$= 3.645.833.333,33 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\
 &= 4700\sqrt{25\text{Mpa}} \\
 &= 23.500 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{lk} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \text{ Nmm} \times 3.645.833.333,33 \text{ mm}^4}{1 + 1,06} \\
 &= 1,66 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Balok Induk memanjang (25 x 50)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 250 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3 \\
 &= 1.822.916.667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\
 &= 4700\sqrt{25 \text{ Mpa}} \\
 &= 23.500 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \text{ Nmm} \times 1.822.916.667 \text{ mm}^4}{1 + 1,06} \\
 &= 8,30 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Balok Induk melintang (30 x 60)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3 \\
 &= 3.780.000.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\
 &= 4700\sqrt{25 \text{ Mpa}} \\
 &= 23.500 \text{ Nmm} \\
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \text{ Nmm} \times 3.780.000.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,06} \\
 &= 1,72 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Sloof memanjang (30 x 60)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3 \\
 &= 3.780.000.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\
 &= 4700\sqrt{25 \text{ Mpa}} \\
 &= 23.500 \text{ Nmm} \\
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \times 23.500 \text{ Nmm} \times 3.780.000.000 \text{ mm}^4}{1 + 0,06} \\
 &= 1,72 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Sloof melintang (30 x 60)

$$E_{lb} = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.6,1)

$$\begin{aligned}
 I_g &= 0,7 \times 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 0,7 \times 1/12 \times 300 \text{ mm} \times (600 \text{ mm})^3 \\
 &= 3.780.000.000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$= 4700\sqrt{25 \text{ Mpa}}$$

$$= 23.500 \text{ Nmm}$$

$$Elb = \frac{0,4 \times Ec \times Ig}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 23.500 \text{ Nmm} \times 3.780.000.000 \text{ mm}^4}{1 + 1,06}$$

$$= 1,72 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Selanjutnya, menghitung 288ertic panjang tekuk kolom (k) dengan persamaan sebagai berikut :

Kekakuan kolom atas

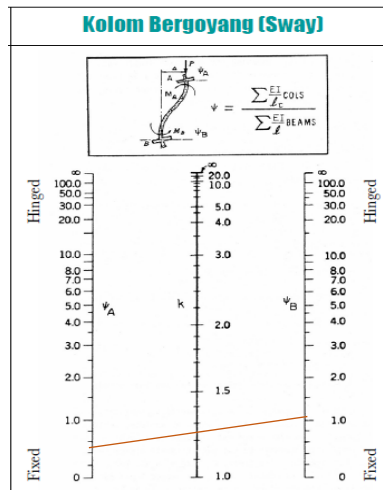
$$\Psi_A = \frac{\sum (EI/L)_{\text{kolom atas}}}{(EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B + (EI/L)_B}$$

$$\Psi_A = 0,55$$

Kekakuan kolom bawah

$$\Psi_B = 1$$

Selanjutnya digunakan nomogram untuk menentukan nilai 288ertic kekakuan kolom



Gambar 4.44 Nomogram faktor ketakutan kolom

Dari nomogram diatas didapatkan nilai $K = 1,24$

Menghitung jari-jari inersia ©

$$r = 0,2887 \times h$$

$$r = 0,2887 \times 500 \text{ mm}$$

$$r = 144,35 \text{ mm}$$

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1.2)

Kontrol kelangsingan

$$\lambda = \frac{k \times Lu}{r} \leq 22$$

$$\lambda = \frac{1,24 \text{ mm} \times 5500 \text{ mm}}{144,35}$$

$47,24 \geq 22$ maka kolom termasuk kolom langsing

(SNI 2847-2013 Pasal 10.10.1(a))

Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Momen akibat pengaruh beban gempa output SAP 2000 kombinasi

$$M_{1s} = 92.801.500 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} = 127.000.400 \text{ Nmm}$$

Momen akibat pengaruh beban gravitasi output SAP 2000 kombinasi

$$M_{1ns} = 3.281.400 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 9.535.200 \text{ Nmm}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 1,66 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,24 \times 5 \text{ 500mm})^2} \\ &= 3.520.267,07 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$= 47 \times 3.520.267,07 \text{ N}$$

$$= 165.452.552,22 \text{ N}$$

$$\Sigma p_u = n \times P_u$$

$$= 47 \times 1.196.391,06 \text{ N}$$

$$= 56.230.379,63 \text{ N}$$

Menghitung 290ertic pembesaran momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{56.230.379,63 \text{ N}}{0,75 \times 165.452.552,22 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,83 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,83$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah X (M33):

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 3.281.400 \text{ Nmm} + (1,83 \times 92.801.500 \text{ Nmm}) \\ &= 172.981.482,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 9.535.200 \text{ Nmm} + (1,83 \times 127.000.400 \text{ Nmm}) \\ &= 241.772.592,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka diambil momen terbesar yaitu $M_2 = 241.772.592,5$ Nmm yang digunakan untuk menghitung kolom.

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi Dalam menentukan ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi.

Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah :

$$\frac{d'}{h} = \frac{61 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0,122$$

Sumbu 290ertical

$$v = \frac{P_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$v = \frac{1.196.391,06 \text{ N}}{0,65 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}$$

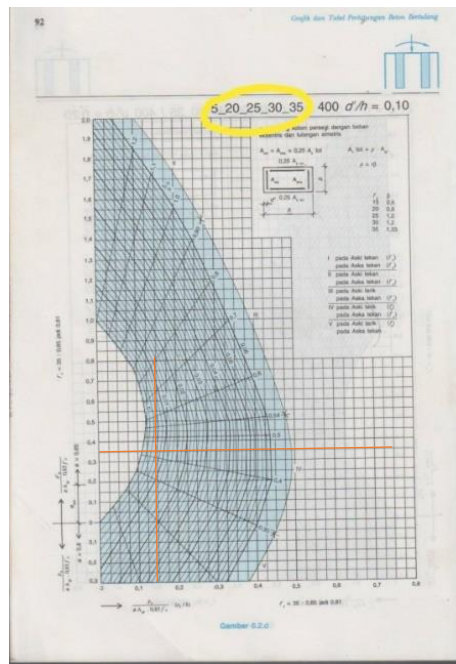
$$v = 0,35$$

Sumbu horizontal :

$$h = \frac{\mu_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$h = \frac{241.772.592,5 \text{ N}}{0,65 \times \text{mm} \times \text{mm} \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}$$

$$h = 0,14$$



Gambar 4.45 Diagram Interaksi Momen kolom arah X

Maka didapatkan $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,01$

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 2.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22, maka luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan}} \\ n &= \frac{2.500 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\ n &= 6,5 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &= n \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \\ &= 8 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 3.039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &> \text{As}_{\text{perlu}} \\ 3.039,52 \text{ mm}^2 &> 2.500 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Prosentase tulangan terpasang

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{\text{As}_{\text{pasang}}}{b \times h} \times 100 \% \\ &= \frac{3039,52}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100 \% \\ &= 1,22 \% < 8\% \end{aligned}$$

Mencari nilai e min dan e perlu

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$M_n = \frac{241.772.592,46 \text{ Nmm}}{0,65}$$

$$M_n = 371.957.834,5 \text{ Nmm}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$P_n = \frac{1.196.391,06 \text{ N}}{0,65}$$

$$P_n = 1.840.601,63 \text{ N}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_n}{P_n}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{371.957.834,5 \text{ Nmm}}{1.840.601,63 \text{ N}}$$

$$e_{\text{perlu}} = 202,08 \text{ mm}$$

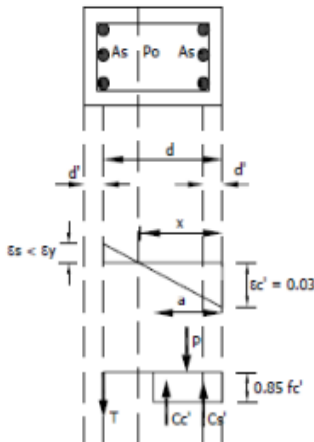
$$e_{\text{min}} = 15,24 + (0,3 \times h)$$

$$e_{\text{min}} = 15,24 + (0,3 \times 500 \text{ mm})$$

$$e_{\text{min}} = 30,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

$$\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$



$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 439 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 61 \text{ mm}$$

$$d'' = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm}) - (\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm})$$

$$= 211 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} \times d$$

$$= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \text{ mm}$$

$$= 263,4 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b$$

$$= 0,85 \times 263,4 \text{ mm}$$

$$= 223,89 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 3039,52 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa})$$

$$= 1.151.218,2 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 263,4 \text{ mm}$$

$$= 2.378.831,25 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 3039,52 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ mpa}$$

$$= 1.215.808 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$= 2.378.831,25 \text{ N} + 1.151.218,2 \text{ N} - 1.215.808 \text{ N}$$

$$= 2.314.241,45 \text{ N}$$

$$M_b = C_c' \left(d - d'' - \frac{a_b}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 2.378.831,25 \text{ N} \times \left(440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - \frac{224,655 \text{ mm}}{2} \right) + 1.151.218,2 \text{ N} \cdot (440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 1.215.808 \text{ N} \cdot 209,5 \text{ mm}$$

$$= 724.864.188,1 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\ &= \frac{724.864,188,1 \text{ Nmm}}{2.314.241,45 \text{ N}} \\ &= 313,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kondisi :

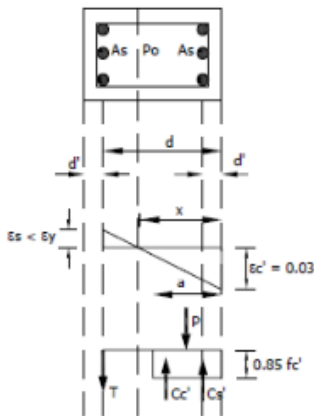
$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}} \text{ (tekan menentukan)}$$
$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}} \text{ (295erti menentukan)}$$

Maka :

$$30,24 \text{ mm} < 202,08 \text{ mm} < 313,2 \text{ mm}$$

Kolom tersebut dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan



Syarat :

$$e < e_b$$

$$202,08 \text{ mm} < 313,2 \text{ mm (ok)}$$

Mencari nilai x :

$$a = 0,54 \text{ d}$$

$$0,85x = 0,54 \times 439 \text{ mm}$$

$$x = 278,9 \text{ mm}$$

Mencari nilai a :

$$a = 0,85 \text{ x}$$

$$= 0,85 \times 278,9 \text{ mm}$$

$$= 237,06 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } \varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 0,003$$

$$= \left(\frac{439 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1\right) \cdot 0,003$$

$$= 0,0017$$

$$f_s = \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 600$$

$$= \left(\frac{439 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1\right) \cdot 600$$

$$= 344,44 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_y = f_y / E_s$$

$$= 400 \text{ Mpa} / 200000 \text{ Mpa}$$

$$= 0,002$$

Kontrol :

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y$$

$$0,0017 < 0,002 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$f_s < f_y$$

$$344,44 < 400 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 3039,52 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa})$$

$$= 1.151.218,2 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 278,9 \text{ mm}$$

$$= 2.518.762,5 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 3039,52 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ mpa}$$

$$= 1.215.808 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$P = C_c' + C_s' - T$$

$$= 2.518.762,5 \text{ N} + 1.151.218,2 \text{ N} - 1.215.808 \text{ N}$$

$$= 2.454.172,7 \text{ N}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 2.454.172,7 \text{ N} &> 2.314.241,45 \text{ N} \\
 M_{n\text{terpasang}} &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs'(d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2.518.762,5 \text{ N} \times \left(440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - \frac{224,655 \text{ mm}}{2} \right) + 1.151.218,2 \text{ N} \cdot (440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 1.215.808 \text{ N} \cdot 209,5 \text{ mm} \\
 &= 724.517.858,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 M_{n\text{terpasang}} &> M_n \\
 724.517.858,3 \text{ Nmm} &> 371.957.834,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Peninjauan kolom akibat momen arah Y (M22)

Berdasarkan output analisis menggunakan program SAP 2000 diperoleh hasil gaya gaya dalam arah Y sebagai berikut:

Akibat kombinasi beban gempa

$$\begin{aligned}
 M_{1s} &= 77.534.900 \text{ Nmm} \\
 M_{2s} &= 113.640.000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Akibat kombinasi beban gravitasi

$$\begin{aligned}
 M_{1ns} &= 10.430.900 \text{ Nmm} \\
 M_{2ns} &= 31.153.600 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai P_c (kritis) pada kolom

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(K \times Lu)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 \times 1,66 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2}{(1,24 \times 5500 \text{ mm})^2} \\
 &= 3.520.267 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma P_c = n \times P_c$$

$$= 47 \times 3.520.267 \text{ N}$$

$$= 165.452.552,2 \text{ N}$$

$$\Sigma P_u = n \times P_u$$

$$= 47 \times 1.196.391,06 \text{ N}$$

$$= 56.230.379,63 \text{ N}$$

Menghitung faktor pembesaran momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{56.230.379,63 \text{ N}}{0,75 \times 165.452.552,2 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,82 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,82$ dalam perhitungan perbesaran momen.

Pembesaran momen kolom arah Y (M22)

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$= 10.430.900 \text{ Nmm} + (1,82 \times 77.534.900 \text{ Nmm})$$

$$= 152.213.941,6 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

$$= 31.153.600 \text{ Nmm} + (1,82 \times 113.640.000 \text{ Nmm})$$

$$= 238.959.695,7 \text{ Nmm}$$

Maka diambil momen terbesar yaitu $M_2 = 238.959.695,7 \text{ Nmm}$ yang digunakan untuk menghitung kolom.

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi Dalam menentukan ρ_{perlu} untuk kebutuhan tulangan lentur kolom digunakan diagram interaksi.

Perhitungan yang dibutuhkan dalam penggunaan diagram interaksi adalah :

$$\frac{d'}{h} = \frac{61 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0,122$$

Sumbu vertikal

$$v = \frac{P_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$v = \frac{1.196.391,06 \text{ N}}{0,65 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}$$

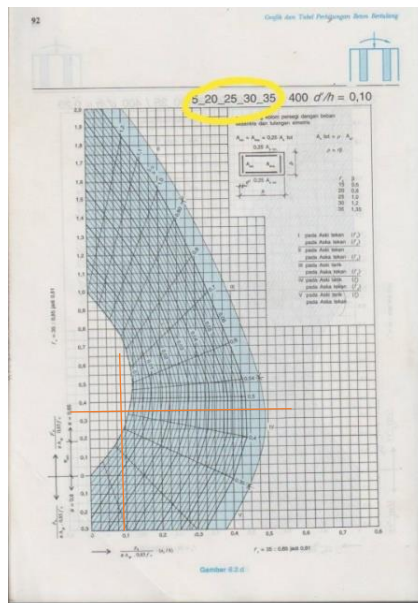
$$v = 0,35$$

Sumbu horizontal :

$$h = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c'}$$

$$h = \frac{238.959.695,7 \text{ N}}{0,75 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}$$

$$h = 0,138$$



Gambar 4.46 Diagram Interaksi Momen kolom arah Y

Maka didapatkan $\rho_{perlu} = \% = 0,01$

Selanjutnya dihitung luas tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 2.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22, maka luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{luas tulangan}} \\ n &= \frac{2.500 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$n = 6,5 \approx 8 \text{ buah}$$

Luasan tulangan lentur pasang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \\ &= 8 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &> A_{s \text{ perlu}} \\ 3039,52 \text{ mm}^2 &> 2.500 \text{ mm}^2 \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Prosentase tulangan terpasang

$$\begin{aligned} \text{Prosentase} &= \frac{A_{s \text{ pasang}}}{b \times h} \times 100 \% \\ &= \frac{3039,52}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100 \% \\ &= 1,22 \% < 8\% \end{aligned}$$

Mencari nilai e min dan e perlu

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\ Mn &= \frac{238.959.695,7 \text{ Nmm}}{0,65} \end{aligned}$$

$$Mn = 367.630.301,1 \text{ Nmm}$$

$$Pn = \frac{Pu}{\phi}$$

$$Pn = \frac{1.196.391,06 \text{ N}}{0,65}$$

$$Pn = 1.840.601,63 \text{ N}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{Mn}{Pn}$$

$$e \text{ perlu} = \frac{367.630.301,1 \text{ Nmm}}{1.840.601,63 \text{ N}}$$

$$e \text{ perlu} = 199,73 \text{ mm}$$

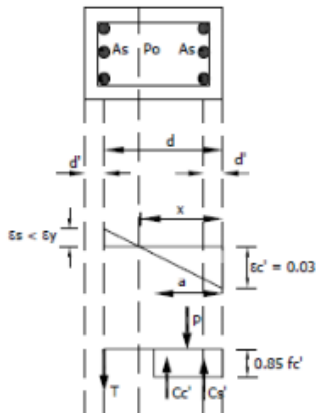
$$e \text{ min} = 15,24 + (0,3 \times h)$$

$$e \text{ min} = 15,24 + (0,3 \times 500 \text{ mm})$$

$$e \text{ min} = 30,24 \text{ mm}$$

Cek kondisi balance

$$\epsilon_s = \epsilon_y \rightarrow f_s = f_y$$



$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 439 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm})$$

$$= 61 \text{ mm}$$

$$d'' = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 22 \text{ mm}\right) - \left(\frac{1}{2} \times 500 \text{ mm}\right) \\ = 211 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ = \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \text{ mm} \\ = 263,4 \text{ mm}$$

$$A_b = \beta_1 \cdot X_b \\ = 0,85 \times 263,4 \text{ mm} \\ = 223,89 \text{ mm}$$

$$C_s' = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ = 3039,52 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}) \\ = 1.151.218,2 \text{ N}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\ = 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 263,4 \text{ mm} \\ = 2.378.831,25 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y \\ = 3039,52 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ mpa} \\ = 1.215.808 \text{ N}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$P_b = C_c' + C_s' - T \\ = 2.378.831,25 \text{ N} + 1.151.218,2 \text{ N} - 1.215.808 \text{ N} \\ = 2.314.241,45 \text{ N}$$

$$M_b = C_c' \left(d - d'' - \frac{a_b}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ = 2.378.831,25 \text{ N} \times \left(440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - \frac{224,655 \text{ mm}}{2} \right) + 1.151.218,2 \text{ N} \cdot (440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 1.215.808 \text{ N} \cdot 209,5 \text{ mm} \\ = 724.864.188,1 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} \\ = \frac{724.864.188,1 \text{ Nmm}}{2.314.241,45 \text{ N}} \\ = 313,2 \text{ mm}$$

Kontrol kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}} \text{ (tekan menentukan)}$$

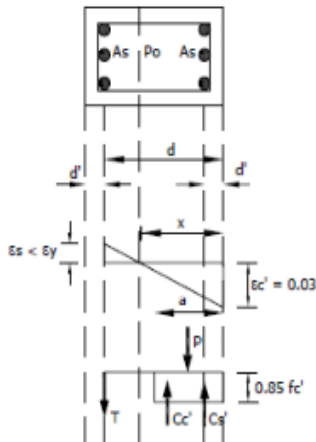
$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}} \text{ (303erti menentukan)}$$

Maka :

$$30,24 \text{ mm} < 199,73 \text{ mm} < 313,2 \text{ mm}$$

Kolom tersebut dalam kondisi tekan menentukan

Kontrol kondisi tekan menentukan



Syarat :

$$e < e_b$$

$$199,73 \text{ mm} < 340,92 \text{ mm (ok)}$$

Mencari nilai x :

$$a = 0,54 \text{ d}$$

$$0,85x = 0,54 \times 439 \text{ mm}$$

$$x = 278,9 \text{ mm}$$

Mencari nilai a :

$$a = 0,85 \text{ x}$$

$$= 0,85 \times 278,9 \text{ mm}$$

$$= 237,06 \text{ mm}$$

Syarat $\varepsilon_s = \varepsilon_y \rightarrow f_s = f_y$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1\right) \cdot 0,003$$

$$= \left(\frac{439 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0017 \\
 f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= \left(\frac{439 \text{ mm}}{278,9 \text{ mm}} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 344,44 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_y &= f_y / E_s \\
 &= 400 \text{ Mpa} / 200000 \text{ Mpa} \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &< \epsilon_y \\
 0,0017 &< 0,002 \quad \textbf{(Memenuhi)} \\
 f_s &< f_y \\
 344,44 &< 400 \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s' &= A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 3039,52 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa} - 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}) \\
 &= 1.151.218,2 \text{ N} \\
 C_c' &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_b \\
 &= 0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 500 \text{ mm} \times 278,9 \text{ mm} \\
 &= 2.518.762,5 \text{ N} \\
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 3039,52 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ mpa} \\
 &= 1.215.808 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \rightarrow P_b = C_c' + C_s' - T \\
 P &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 2.518.762,5 \text{ N} + 1.151.218,2 \text{ N} - 1.215.808 \text{ N} \\
 &= 2.454.172,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 P &> P_b \\
 2.454.172,7 \text{ N} &> 2.314.241,45 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n_{\text{terpasang}}} &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2.518.762,5 \text{ N} \times \left(440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - \frac{224,655 \text{ mm}}{2} \right) + 1.151.218,2 \text{ N} \cdot (440,5 \text{ mm} - 209,5 \text{ mm} - 59,5 \text{ mm}) + 1.215.808 \text{ N} \cdot 209,5 \text{ mm} \\
 &= 724.517.858,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 M_{n_{\text{terpasang}}} &> M_n \\
 724.517.858,3 \text{ Nmm} &> 367.630.301,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan peninjaun momen kolom arah X 305ertical Y, maka digunakan penulangan lentur terbesar sesuai dengan peninjaun momen kolom arah Y sebesar

Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi :

Syarat :

$$S_{\max} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{susun satu lapis}$$

$$S_{\max} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{perbesar penampang ke } 500$$

$$S_{\max} = \frac{b - (2 t_{\text{selimut}}) - (2 \phi_{\text{geser}}) - (n \cdot \phi_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 22)}{500}$$

$$S_{\max} = 171,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\max} > 40 \text{ mm}$$

$$171,5 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka tulangan lentur kolom disusun 1 lapis.

Cek dengan program PcaColumn

Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PcaColumn

Mutu beton (f_c')	: 25 N/mm ²
Mutu baja tulangan (f_y)	: 400 N/mm ²
Modulus elastis	: 200.000 N/mm ²
β_1	: 0,85
B kolom	: 500 mm
H kolom	: 500 mm
Mux (M33 kombinasi arah Y)	: 76,9 Kn-m
Muy (M22 kombinasi arah Y)	: 90,1 Kn-m
Pu (kombinasi ultimate)	: 1244 Kn
Tulangan kolom pasang	: 12D19

Reinforcement:

Rebar Database: ASTM A615M								
Size Diam (mm) Area (mm^2)			Size Diam (mm) Area (mm^2)			Size Diam (mm) Area (mm^2)		
# 10	10	71	# 13	13	129	# 16	16	199
# 19	19	284	# 22	22	387	# 25	25	510
# 29	29	645	# 32	32	819	# 36	36	1006
# 43	43	1452	# 57	57	2581			

Confinement: User-defined: #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 1, phi(b) = 1, phi(c) = 1

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 3096 mm^2 at 1.24%
8 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	1196.4	241.8	239.0	278.4	275.2	1.152

*** Program completed as requested! ***

Gambar 4.47 Output PCACOL

Berdasarkan *output* dari PcaColumn :

Mux = 241,8 Kn-m < Mnx = 278,4 Kn-m

Muy = 239 Kn-m < Mnx = 275,2 Kn-m

Maka, perencanaan dipasang tulangan kolom sebanyak **8D22**

Presentase tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} A_{S_{pasang}} &= n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \\ &= 8 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2\right) \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned} \% \text{ tulangan} &= \frac{\text{luas tulangan terpasang}}{\text{luas bruto penampang kolom}} \times 100\% \\ &= \frac{3039,52 \text{ mm}^2}{500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}} \times 100\% \\ &= 1,22 \% < 8\% \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh program analisis PcaColumn lebih besar dibandingkan momen ultimate perhitungan SAP 2000, maka perhitungan kebutuhan tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

- Perhitungan tulangan geser

Data perencanaan

H kolom	: 500 mm
B kolom	: 500 mm
Tebal selimut beton	: 40 mm
Tinggi kolom	: 5.500 mm
Mutu beton (f_c')	: 25 Mpa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 240 Mpa
Diameter tulangan lentur	: 22 mm
Diameter tulangan geser	: 10 mm
Faktor reduksi	: 0,75

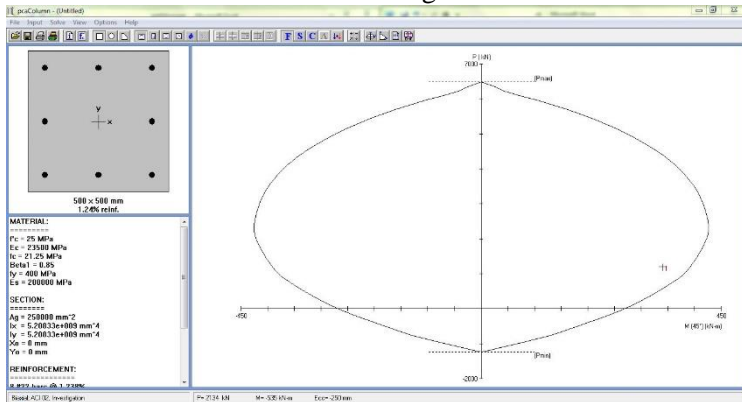
(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2(3))

Berdasarkan hasil analisis program SAP 2000, maka diperoleh beban aksial pada kolom K-1 dengan kombinasi 1,2+1,6L+0,5Lr sebagai berikut :

$$P_u = 1.196.391,06 \text{ N}$$

Gaya lintang rencana pada kolom untuk peninjauan SRPMM

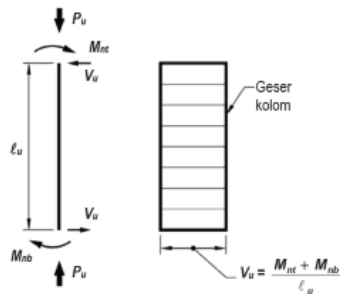
Diambil dari hasil PcaColumn sebagai berikut :



Gambar 4.48 Kemampuan penampang kolom dari PCACOL

$$M_{nt} = 535.000.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nb} = 535.000.000 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.49 Desain geser kolom untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5)

Dimana :

M_{nt} = Momen nominal atas kolom

M_{nb} = Momen nominal bawah kolom

$$\begin{aligned} M_{nt} &= \frac{M_{nt}}{\phi} \\ &= \frac{535.000.000 \text{ Nmm}}{0,75} \\ &= 713.333.333,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= \frac{M_{nb}}{\phi} \\ &= \frac{535.000.000 \text{ Nmm}}{0,75} \\ &= 713.333.333,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{535.000.000 + 535.000.000}{5.500} \\ &= 259.393,94 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton

Nilai $\sqrt{f'c}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 Mpa sesuai dengan peraturan SNI 03-2847-2013

$$\sqrt{f'c'} \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{25} \text{ N/mm}^2 \leq \frac{25}{3} \text{ N/mm}^2$$

$$5 \text{ N/mm}^2 \leq 8,33 \text{ N/mm}^2 \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Kekuatan geser pada beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_w d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{1196391,06}{14 \times 250.000} \right) \times 1 \times \sqrt{25} \times 500 \times 439 \\ &= 250.351 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned} V_{s \text{ min}} &= 1/3 \times b \times d \\ &= 1/3 \times 500 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\ &= 73.166,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= 1/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 1/3 \times \sqrt{25} \times 500 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\ &= 365.833,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{s \text{ max}} &= 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 2/3 \times \sqrt{25} \times 500 \times 500 \\ &= 731.666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi:

Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$259.393,94 \text{ N} > 99.385 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$99.385 \text{ N} \leq 259.393,94 \text{ N} > 198.769,98 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi 3 → tidak memerlukan tulangan geser

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}})$$

$$198.769,98 \text{ N} \leq 259.393,94 \text{ N} > 242.638,39 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 4 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

$$9242.638,39 \text{ N} \leq 259.393,94 \text{ N} \leq 462.138,39 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka, selanjutnya perhitungan penulangan geser balok induk menggunakan persyaratan kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c$$

$$= 54.818,15 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan diameter 10 mm – 2 kaki

$$A_v = \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot \text{kaki}$$

$$A_v = \frac{1}{4} 3.14 (10)^2 \cdot 2$$

$$A_v = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

$$= \frac{157,08 \cdot 240 \cdot 539}{54.818,15} = 301,9 \text{ mm}$$

Dipasang spasi – 100 mm

Luas penampang geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

$$= \frac{54.818,15 \cdot 100}{400 \cdot 539}$$

$$= 52,03 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{v_{\text{pakai}}} > A_{v_{\text{perlu}}}$$

$$157,08 \text{ mm}^2 > 52,03 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek syarat SRPMM untuk kekuatan geser kolom

1. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.5.2 spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

- (a) delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi

$$S_o \leq 8 \times D_{\text{lentur}}$$

$$100 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

- (b) 24 kali diameter batang tulangan begel

$$S_o \leq 24 \times \emptyset_{\text{geser}}$$

$$100 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

- (c) Setengah dimensi penampang kolom terkecil

$$S_o \leq \frac{1}{2} \times b_w$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{1}{2} \times 500 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

- (d) $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol syarat penulangan geser memenuhi, dan S_{pakai} menggunakan 100 mm. Maka dipakai S_o sebesar Ø10-100 mm.

Panjang L_o tidak boleh kurang dari yang terbesar diantara ketiga syarat dibawah, yaitu:

- (a) Seperenam betang bersih kolom

$$L_o = \frac{1}{6} \times (5.500 - 600)$$

$$L_o = 816,66 \text{ mm}$$

- (b) Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o = 500 \text{ mm}$$

- (c) $L_o > 450 \text{ mm}$

2. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o = 0,5 \times 100 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$ dari muka hubungan balok-kolom.

3. Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 100 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$.

Sehingga dipasang sengkang sebesar $\varnothing 10$ -100 mm sejarak 900 mm dari muka hubungan balok kolom.

Perhitungan sambungan lewatan tulangan vertikal kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.16.1, panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \times 22 \geq 300 \text{ mm}$$

$$624,8 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Perhitungan panjang penyaluran tulangan kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3, panjang penyaluran untuk tulangan D25 harus ditentukan menggunakan persamaan:

$$\frac{ld}{db} = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{Cb + K_{tr}}{d_b}\right)} \right)$$

Keterangan :

Ψ_t adalah tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\Psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\Psi_t = 1,0$.

Ψ_e adalah untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$, $\Psi_t = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan

epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\Psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (di galvanis), $\Psi_t = 1,0$.

Akan tetapi, hasil $\Psi_t \Psi_e$ tidak perlu lebih besar dari 1,7

Ψ_s adalah untuk batang tulangan atau kawat ulir D19 atau yang lebih kecil, $\Psi_t = 0,8$. Untuk batang tulangan D22 dan yang lebih besar, $\Psi_t = 1,0$.

λ adalah bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75 kecuali jika f_{ct} ditetapkan. Bila berat beton normal digunakan, $\lambda = 1,0$.

Maka,

$$\frac{ld}{db} = \left(\frac{400}{1,1 \times 1\sqrt{25}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left(\frac{61}{22}\right)} \right)$$

$$\frac{ld}{db} = 26,23$$

$$ld = 26,23 \times 22 \text{ mm}$$

$$ld = 577,05 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

4.3.6 Perhitungan Penulangan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi harus mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya adalah kondisi dan struktur tanah yang dapat mempengaruhi daya dukung tanah dalam memikul sesuatu beban yang terjadi. Suatu pondasi yang baik tidak hanya kuat dan aman namun juga harus ditinjau dari segi keamanan dan memungkinkan pelaksanaannya dilapangan.

- **Data Perencanaan**

Kedalam tiang pancang	: 18 m
Diameter tiang pancang	: 0,3 m
Dimensi kolom	: 0,5 m \times 0,5 m
Mutu beton pile cap	: 30 Mpa

Mutu baja pile cap	: 400 Mpa
Tebal selimut beton	: 75 mm
(SNI 2847:2013, Pasal 7.7.1(a))	
Luas tiang pancang (A_p)	: $\frac{1}{4} \pi \times D^2 = 0,126 \text{ m}^2$
Keliling penampang tiang (A_s)	: $\pi \times D = 1,26 \text{ m}$

• Perhitungan Daya Dukung Ijin

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data SPT (*Standart Penetration Test*) menggunakan Metode Meyerhof, sesuai dengan buku “**Desain Pondasi Tahan Gempa**” (*Anugrah Pamungkas & Erny Harianti*). Dengan rumus daya dukung sebagai berikut:

$$P_a = \frac{q_c \cdot A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i \cdot f_i}{FK2}$$

Dimana:

- P_a = Daya dukung ijin tiang
- q_c = 20 N, untuk *silt/clay*
40 N, untuk *sand*
- A_p = Luas penampang tiang
- A_s = Keliling penampang tiang
- l_i = Panjang segmen tiang yang di tinjau
- f_i = Gaya geser pada selimut segmen tiang
 - N maksimum 12 ton/m², untuk *clay*
 - N/5 maksimum 10 ton/m², untuk *sand*
- $FK1, FK2$ = faktor keamanan, 3 dan 5
 - $FK1 = 3$
 - $FK2 = 5$

Perhitungan daya dukung tiang berdasar data SPT pada masing-masing kedalaman bisa dilihat pada tabel berikut.

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang dari PT. Wijaya Karya Beton untuk dimensi 300 mm tipe C adalah \bar{P} ijin bahan = 65,4 ton
 Berat sendiri tiang pancang = 113 Kg/m

$$Pa = \frac{q_c \cdot A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i \cdot f_i}{FK2}$$

$$Pa = \frac{800 \cdot 0,071}{3} + \frac{176,8}{5}$$

$$Pa = 54,21$$

Cek persyaratan:

\bar{P}_t ijin tanah < \bar{P} ijin bahan

54,21 ton < 65,4 ton (OK)

4.3.6.1 Perhitungan Pondasi Tipe 1

- Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang
Diketahui OUTPUT SAP 2000 sebagai berikut:
Akibat Beban Tetap (1D+1L)

P	= 90473,69 kg	= 90,47 ton
Mux	= -8385,06 kg.m	= 8,385 ton.m
Muy	= 2312,8 kg.m	= 2,313 ton.m

Akibat Beban Sementara

(1D+0,7Ex+0,21Ey+0,75L+0,75Lr)

P	= 89342,21 kg	= 89,34 ton
Mux	= 5666,27 kg	= 5,66 ton
Muy	= -14771,56 kg	= 14,77 ton.m

Akibat Beban Sementara

(1D+0,21Ex+0,7Ey+0,75L+0,75Lr)

P	= 95607,32 kg	= 95,61 ton
Mux	= 12266,97 kg	= 12,27 ton
Muy	= -4757,05 kg	= 4,757 ton.m

Dipilih P dengan nilai terbesar, sehingga didapatkan nilai

P max = 95,61 ton

Perencanaan Dimensi Pile Cap

Perhitungan beban pondasi sebelum ditambahkan berat sendiri pile cap:

$$P_{\max} = 95,61 \text{ ton}$$

$$n = \frac{P_{\max}}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{95,61 \text{ ton}}{54,21 \text{ ton}} = 1,76 \approx 2 \text{ buah}$$

Maka direncanakan tiang pancang sebanyak 2 buah.

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S)

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S) :

$$2,5 \times D \leq S \leq 3 \times D$$

$$2,5 \times 30 \text{ cm} \leq S \leq 3 \times 30 \text{ cm}$$

$$75 \text{ cm} \leq S \leq 90 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 90 \text{ cm}$

Sedangkan perhitungan jarak tiang pancang ke tepi pile cap (S') :

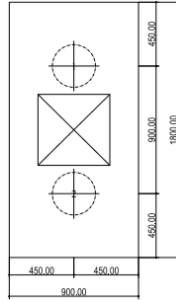
$$1,5 \times D \leq S' \leq 2 \times D$$

$$1,5 \times 30 \text{ cm} \leq S' \leq 2 \times 30 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} \leq S' \leq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 45 \text{ cm}$

***(Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2, Karl
Terzaghi dan Ralph B.Peck)***



Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan ukuran panjang dan lebar pile cap adalah:

Periksa ulang kebutuhan tiang pancang setelah ditemukan dimensi pile cap:

Perhitungan beban pondasi setelah ditambahkan berat sendiri pile cap dengan tebal dan dimensi pile cap diasumsikan.

Tebal pile cap = 0,7 m

Dimensi pile cap = 1,8 m x 0,9 m

$P_{\max} = 95,61 \text{ ton}$

Berat Pile Cap = $(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 0,9\text{m} \times 0,7\text{m})$
 $= 2,7 \text{ ton}$

$\sum P = 95,61 \text{ ton} + 2,7 \text{ ton} = 98,33 \text{ ton}$

$n = \frac{\sum P}{P_{\text{ijin tanah}}}$
 $= \frac{98,33 \text{ ton}}{54,21 \text{ ton}} = 1,8 \approx 2 \text{ buah}$

Jadi, dibutuhkan 2 buah tiang pancang dengan dimensi penampang pile cap (1,8 m x 0,9 m)

▪ Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung pile dalam kelompok haruslah mempertimbangkan efisiensi dari hubungan tersebut:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = Diameter tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/S

$$= \text{arc tg } 30/90 = 0,32$$

(Analisa Desain Pondasi Jilid 2 hal 379, Joseph E. Bowles)

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - 0,32 \frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90 \cdot 1 \cdot 2} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{ijin tanah}} &= \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,99 \times 54,21 \text{ ton} = 53,82 \text{ ton} \end{aligned}$$

Cek syarat:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{ijin tanah}} &< \bar{P}_{\text{ijin bahan}} \\ 53,82 \text{ ton} &< 65,4 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

Reaksi perlawanan tanah (qt)

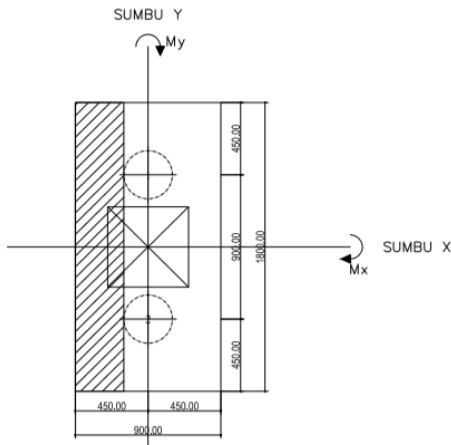
$$qt = \frac{P_{\text{ijin tanah total}}}{\text{luasan poer}}$$

$$qt = \frac{2 \times 53,82}{1,8 \times 0,9}$$

$$qt = 66,45 \text{ ton/m}^2$$

$$qt = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

- Perhitungan Geser Satu Arah pada Pile Cap



Luasan Tributari A_t (mm^2)

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{L_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}} - 2 t_{\text{poer}}}{2} \times b_{\text{pile cap}} \\
 &= \frac{1800 \text{ mm} - 500 \text{ mm} - 2d}{2} \times 900 \text{ mm} \\
 &= 585000 \text{ mm}^2 - 900 \text{ mm}^2 \cdot d
 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser V_u (N)

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \times A_t \\
 &= 0,66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times (585000 \text{ mm}^2 - 900 \text{ mm}^2) \\
 &= 388714,1 - 598,02 d
 \end{aligned}$$

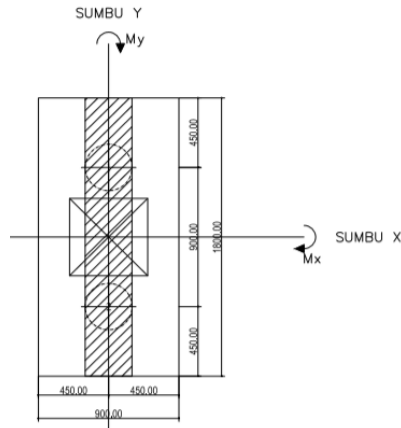
Gaya Geser yang Mampu Dipikul oleh Beton V_c (N)

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times b_w \times d \\
 &\quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1})
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 388714,1 - 598,02 d &\leq 0,75 \times 0,17 \times \sqrt{30} \times 900 \times d \\
 388714,1 &\leq 1257,023 d + 598,02 d \\
 d &\leq 209,544
 \end{aligned}$$

▪ Perhitungan Geser Dua Arah pada Pile Cap



Perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

α_s = 40 untuk kolom tengah

α_s = 30 untuk kolom tepi

α_s = 20 untuk kolom sudut

$$V_c = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 (a), (b), (c))

Luasan Tributari At (mm²)

$$\begin{aligned}
 At &= (l_{\text{pile cap}} \times b_{\text{pile cap}}) - ((h_{\text{kolom}} + t_{\text{pile cap}}) \times (b_{\text{kolom}} + t_{\text{pile cap}})) \\
 &= (1800\text{mm} \times 900\text{mm}) - ((500\text{mm} + d) \times (500\text{mm} + d)) \\
 &= 1370000 \text{ mm}^2 - 1000\text{mm} \cdot d - d^2
 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$\begin{aligned}
 Vu &= qt \times At \\
 &= 0,66 \text{ N/mm}^2 \times (1370000 \text{ mm}^2 - 1000\text{mm} \cdot d - d^2) \\
 &= 910322 - 664,47 d - 0,66 d^2
 \end{aligned}$$

Persamaan 1

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 (a))} \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times (2 \times (500\text{mm} + 500\text{mm}) + 4d) \times d \\
 &= 0,17 \times 3 \times 5,48 \times (2000 + 4d) \times d \\
 &= 5586,8 \cdot d + 11,17 d^2
 \end{aligned}$$

Cek syarat:

$$\begin{aligned}
 Vu &\leq \phi Vc \\
 910322 - 664,47 d - 0,66 d^2 &\leq 0,75 \cdot 5586,8 d + 11,17 d^2 \\
 0 &\leq -910322 + 4854,55 d + 9,045 d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= -268,37 \pm 415,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= -683,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= 147,167
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah $d_2 = 147,167$

Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 (b))} \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \times d}{(2 \times (500 + 500) + 4d)} + 2 \right) \times \sqrt{30} \times (2 \times (500 + 500) + 4d) \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{40d}{(2000 + 4d)} + 2 \right) \times 5,48 \times (2000 + 4d) \times d \\
 &= 0,083 \times (40d + 2(2000 + 4d)) \times 5,48 \times d \\
 &= 1818,44 d + 21,83 d^2
 \end{aligned}$$

Cek syarat:

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$910321,99 - 664,47 d - 0,66 d^2 \leq 0,75(18,18 d + 21,83 d^2)$$

$$910321,99 - 664,47 d - 0,66 d^2 \leq 1363,83 d + 16,37 d^2$$

$$0 \leq -910321,99 + 2028,3 d + 17,03 d^2$$

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= -59,55 \pm 238,74
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= -298,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= 179,20
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah $d_2 = 179,20$

Persamaan 3

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 ©)} \\
 &= 0,33 \times \sqrt{30} \times (2 \times (500 + 500) + 4d) \times d \\
 &= 0,33 \times 5,48 \times (2000 + 4d) \times d \\
 &= 1,8 \times (2000d + 4d^2) \\
 &= 3600d + 7,2d^2
 \end{aligned}$$

Cek syarat:

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$910321,99 - 664,47d - 0,66 d^2 \leq 0,75(3600d + 7,2d^2)$$

$$0 \leq -1910321,99 + 3375,7 d + 6,087 d^2$$

$$d_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= -277,29 \pm 475,861$$

$$d_1 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= -753,15$$

$$d_2 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= 198,57$$

Akar yang memenuhi syarat adalah $d_2 = 198,57$

Maka dipakai $d = 198,57 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai } h &= \text{tebal selimut} + D \text{ tul. Poer} + \\ &\quad \frac{1}{2} D \text{ tul. Pile cap} + D \text{ rencana} \\ &= 75 \text{ mm} + 22 \text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} + \\ &\quad 198,57 \text{ mm} \\ &= 306,57 \text{ mm} = 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek berdasarkan panjang penyaluran tulangan kolom

Panjang sambungan lewatan kolom

$$\begin{aligned} L_d &= 0,071 \times f_y \times d_b \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013 Pasal 12.16.1)} \\ &= 0,071 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm} \\ &= 624,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

$$\begin{aligned} L_d &\geq 300 \text{ mm} \\ 624,8 \text{ mm} &\geq 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 \text{ db} \\ &= 12 \times 22 \text{ mm} \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_d \text{ tarik} &= 624 \text{ mm} - 360,8 \text{ mm} \\ &= 360,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} h &> L_d \\ 700 \text{ mm} &> 360,8 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \\ \text{Maka dipakai tinggi pile cap } &700 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok Dari output SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut:

Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$\begin{aligned} P &= 90473,69 \text{ kg} &= 90,47 \text{ ton} \\ M_{ux} &= -8385,06 \text{ kg.m} &= 8,385 \text{ ton.m} \\ M_{uy} &= 2312,8 \text{ kg.m} &= 2,313 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,7Ex+0,21Ey+0,75L+0,75Lr)

$$\begin{aligned} P &= 89342,21 \text{ kg} &= 89,34 \text{ ton} \\ M_{ux} &= 5666,27 \text{ kg} &= 5,66 \text{ ton} \\ M_{uy} &= -14771,56 \text{ kg} &= 14,77 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,21Ex+0,7Ey+0,75L+0,75Lr)

$$\begin{aligned} P &= 95607,32 \text{ kg} &= 95,61 \text{ ton} \\ M_{ux} &= 12266,97 \text{ kg} &= 12,27 \text{ ton} \\ M_{uy} &= -4757,05 \text{ kg} &= 4,757 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$P = 90473,69 \text{ kg} = 90,47 \text{ ton}$$

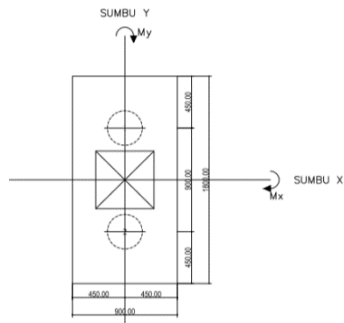
$$M_{ux} = -8385,06 \text{ kg.m} = 8,385 \text{ ton.m}$$

$$M_{uy} = 2312,8 \text{ kg.m} = 2,313 \text{ ton.m}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Pile Cap} = \left(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 0,9\text{m} \times 0,7\text{m} \right) = 2,72 \text{ ton}$$

$$\Sigma P = 90,47 \text{ ton} + 2,72 \text{ ton} = 93,20 \text{ ton}$$



	X (m)	X ² (m)
X1	0	0
X2	0	0
ΣX		0

	Y (m)	Y ² (m)
Y1	0.45	0,2025
Y2	-0.45	0,2025
ΣY		0.405

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 55,91 \text{ ton} \\
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 37,28 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_1 = 55,91$ ton

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &\leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \\
 55,91 \text{ ton} &\leq 64,23 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

$$(1D+0,7E_x+0,21E_y+0,75L+0,75L_r)$$

$$\begin{aligned}
 P &= 89342,21 \text{ kg} &= 89,34 \text{ ton} \\
 M_{ux} &= 5666,27 \text{ kg} &= 5,66 \text{ ton} \\
 M_{uy} &= -14771,56 \text{ kg} &= 14,77 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pile Cap} &= \left(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 0,9 \text{ m} \times 0,7\text{m} \right) \\
 &= 2,27 \text{ ton} \\
 \Sigma P &= 92,06 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 1 : Perhitungan Jarak X dan Y

	X (m)	X ² (m)
X1	0	0
X2	0	0
ΣX		0

	Y (m)	Y ² (m)
Y1	0,45	0,2025
Y2	-0,45	0,2025
ΣY		0,405

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 29,31 \text{ ton} \\
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 16,72 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_1 = 29,31 \text{ ton}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) pasal 1.2(2), untuk tanah keras daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &\leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times 1,5 \\
 29,31 \text{ ton} &\leq 64,24 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

$$(1D+0,21E_x+0,7E_y+0,75L+0,75L_r)$$

$$\begin{aligned}
 P &= 95607,32 \text{ kg} &&= 95,61 \text{ ton} \\
 M_{ux} &= 12266,97 \text{ kg} &&= 12,27 \text{ ton} \\
 M_{uy} &= -4757,05 \text{ kg} &&= 4,757 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pile Cap} &= \left(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 0,9\text{m} \times 0,7\text{m}\right) \\
 &= 2,72 \text{ ton} \\
 \Sigma P &= 98,33 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

	X (m)	X ² (m)
X1	0	0
X2	0	0
ΣX		0

	Y (m)	Y ² (m)
Y1	0,45	0,2025
Y2	-0,45	0,2025
ΣY		1,96

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 38,21 \text{ ton} \\
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 10,95 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_1 = 38,21 \text{ ton}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) pasal 1.2(2), untuk tanah keras daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &\leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times 1,5 \\
 38,21 \text{ ton} &\leq 64,24 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

▪ Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban semetara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan :

Dimensi poer = 1,8 m x 0,9 m x 0,70 m

Jumlah tiang pancang = 2 buah

Dimensi kolom = 500 mm x 500 mm

Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

Diameter tulangan utama = 22 mm

Selimut beton (p) = 75 mm

h = 700 mm

$d_x = 700 - 75 - (1/2 \times 22)$ = 614 mm

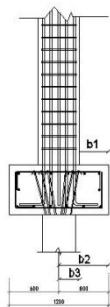
$d_y = 700 - 75 - 22 - (1/2 \times 22)$ = 592 mm

ϕ = 0,9

β = 0,85

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

Poer arah X :



$b_1 = 650$ mm

$$b_2 = 450 \text{ mm}$$

$$b_3 = 200 \text{ mm}$$

Poer arah Y :

$$b_1 = 650 \text{ mm}$$

$$b_2 = 450 \text{ mm}$$

$$b_3 = 200 \text{ mm}$$

Penulangan Poer Arah X

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} = 1,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,95 \text{ m} \\ &= 1965,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

P max beban tiang

$$\text{Maka diambil } P = 29311,81 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -q_u \times \frac{1}{2} b_1 + (p \times b_3) \\ &= 5223,54 \text{ kgm} \\ &= 52235416,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{52235416,1}{0,9} \\ &= 58039351,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{(b \cdot d^2)} = \frac{58039351,2 \text{ Nmm}}{(1800 \text{ mm} \cdot (614 \text{ mm})^2)} = 0,09 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \left(\frac{(0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c')}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + f_y)} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{(0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa})}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + 400 \text{ Mpa})} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,033 = 0,024$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - (2m \cdot R_n))}{f_y}\right)} \\ &= \frac{1}{15,69} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - ((2 \cdot 15,69) \cdot 0,09))}{400 \text{ Mpa}}\right)} \\ &= 0,0052\end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0052 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai $\rho = 0,0052$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0052 \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 614 \text{ mm} \\ &= 3868,2 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 700 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 1400 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$\begin{aligned}S &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{\text{As}} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{3868,2 \text{ mm}^2} \\ &= 176,88 \text{ mm} < 1400 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan tumpuan X adalah D22 – 150 mm

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{\text{Spakai}} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{150 \text{ mm}} \\ &= 4561,59 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{ll} \text{As pakai} & > \quad \text{As perlu} \\ 4561,59 \text{ mm}^2 & > \quad 3868,2 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

Penulangan Poer Arah Y

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} = 1,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,65 \text{ m} \\ &= 1965,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

P max beban tiang

$$\text{Maka diambil } P = 29311,81 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -q_u \times \frac{1}{2} b l + (p \times b^3) \\ &= 5223,54 \text{ kgm} \\ &= 52235416,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{52235416,1}{0,9} \\ &= 58039351,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{(b \cdot d^2)} = \frac{58039351,2 \text{ Nmm}}{(1800 \text{ mm} \cdot (592 \text{ mm})^2)} = 0,092 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \left(\frac{(0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c')}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + f_y)} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{(0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa})}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + 400 \text{ Mpa})} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,033 = 0,024$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - (2m \cdot R_n))}{f_y}\right)} \\ &= \frac{1}{15,69} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - ((2 \cdot 15,69) \cdot 0,092))}{400 \text{ Mpa}}\right)} \\ &= 0,0054\end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0054 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai $\rho = 0,0054$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0054 \cdot 1800 \text{ mm} \cdot 592 \text{ mm}$$

$$= 3729,6 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 700 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 1400 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D22

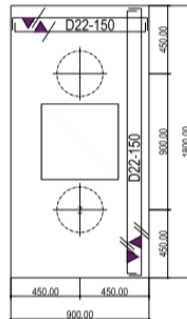
$$\begin{aligned}S &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{A_s} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{3729,6 \text{ mm}^2} \\ &= 183,46 \text{ mm} < 1400 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan tumpuan Y adalah D22 – 150 mm

$$\begin{aligned}A_s \text{ pakai} &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{150 \text{ mm}} \\ &= 4561,59 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat :

As pakai > As perlu
 $4561,59 \text{ mm}^2 > 3729,6 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)



PONDASI
P1

4.3.6.2 Perhitungan Pondasi Tipe 2

- Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang
 Diketahui OUTPUT SAP 2000 sebagai berikut:
 Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$P = 126541,64 \text{ kg} = 126,54 \text{ ton}$$

$$Mux = -3170,67 \text{ kg.m} = 3,17 \text{ ton.m}$$

$$Muy = 1283,41 \text{ kg.m} = 1,28 \text{ ton.m}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,7Ex+0,21Ey+0,75L+0,75Lr)

$$P = 127139,57 \text{ kg} = 127,14 \text{ ton}$$

$$Mux = 8840,81 \text{ kg} = 8,84 \text{ ton}$$

$$Muy = -10441,61 \text{ kg} = 10,44 \text{ ton.m}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,21Ex+0,7Ey+0,75L+0,75Lr)

$$P = 119485,34 \text{ kg} = 119,49 \text{ ton}$$

$$Mux = 15064,59 \text{ kg} = 15,07 \text{ ton}$$

$$Muy = -4757,05 \text{ kg} = 3,83 \text{ ton.m}$$

Dipilih P dengan nilai terbesar, sehingga didapatkan nilai
 $P_{\max} = 127,14 \text{ ton}$

Perencanaan Dimensi Pile Cap

Perhitungan beban pondasi sebelum ditambahkan berat sendiri pile cap:

$$P_{\max} = 127,14 \text{ ton}$$

$$n = \frac{P_{\max}}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{127,14 \text{ ton}}{54,21 \text{ ton}} = 2,34 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka direncanakan tiang pancang sebanyak 4 buah.

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S)

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S) :

$$2,5 \times D \leq S \leq 3 \times D$$

$$2,5 \times 30 \text{ cm} \leq S \leq 3 \times 30 \text{ cm}$$

$$75 \text{ cm} \leq S \leq 90 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 90 \text{ cm}$

Sedangkan perhitungan jarak tiang pancang ke tepi pile cap (S') :

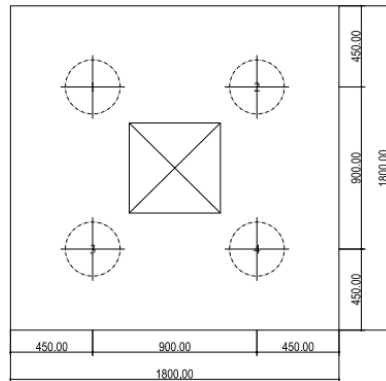
$$1,5 \times D \leq S' \leq 2 \times D$$

$$1,5 \times 30 \text{ cm} \leq S' \leq 2 \times 30 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} \leq S' \leq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 45 \text{ cm}$

*(Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2,
 Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck)*



Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan ukuran panjang dan lebar pile cap adalah:

Periksa ulang kebutuhan tiang pancang setelah ditemukan dimensi pile cap:

Perhitungan beban pondasi setelah ditambahkan berat sendiri pile cap dengan tebal dan dimensi pile cap diasumsikan.

Tebal pile cap = 0,7 m

Dimensi pile cap = 1,8 m x 1,8 m

$P_{\max} = 127,14 \text{ ton}$

Berat Pile Cap = $(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 1,8\text{m} \times 0,7\text{m})$
 $= 5,44 \text{ ton}$

$\Sigma P = 127,14 \text{ ton} + 5,4 \text{ ton} = 132,58 \text{ ton}$

$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}}$
 $= \frac{132,58 \text{ ton}}{54,21 \text{ ton}} = 2,44 \approx 4 \text{ buah}$

Jadi, dibutuhkan 4 buah tiang pancang dengan dimensi penampang pile cap (1,8 m x 1,8 m)

▪ Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung pile dalam kelompok haruslah mempertimbangkan efisiensi dari hubungan tersebut:

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya tiang dalam 1 baris

n = banyaknya baris

D = Diameter tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

θ = arc tg D/S

$$= \text{arc tg } 30/90 = 0,32$$

(Analisa Desain Pondasi Jilid 2 hal 379, Joseph E. Bowles)

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - 0,32 \frac{(2-1)1 + (2-1)2}{90 \cdot 1 \cdot 2} \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{ijin tanah}} &= \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,94 \times 54,21 \text{ ton} = 51,11 \text{ ton} \end{aligned}$$

Cek syarat:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\text{ijin tanah}} &< \bar{P}_{\text{ijin bahan}} \\ 51,11 \text{ ton} &< 65,4 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

Reaksi perlawanan tanah (qt)

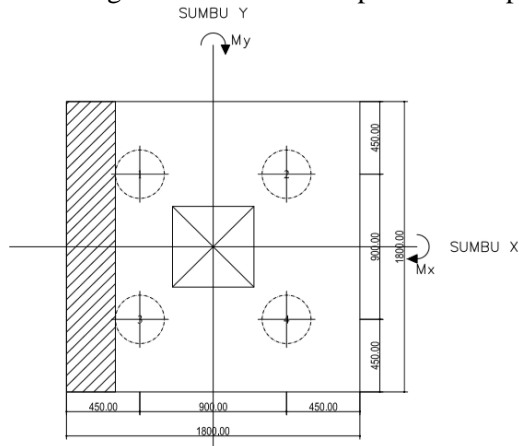
$$qt = \frac{P_{\text{ijin tanah total}}}{\text{luasan poer}}$$

$$qt = \frac{2 \times 53,82}{1,8 \times 1,9}$$

$$qt = 63,10 \text{ ton/m}^2$$

$$qt = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

■ Perhitungan Geser Satu Arah pada Pile Cap



Luasan Tributari At (mm²)

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{L_{\text{poer}} - B_{\text{kolom}} - 2 t_{\text{poer}}}{2} \times b_{\text{pile cap}} \\
 &= \frac{1800 \text{ mm} - 500 \text{ mm} - 2d}{2} \times 1800 \text{ mm} \\
 &= 117000 \text{ mm}^2 - 1800 \text{ mm}^2 \cdot d
 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$\begin{aligned}
 V_u &= q t \times A_t \\
 &= 0,63 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times (117000 \text{ mm}^2 - 1800 \text{ mm}^2) \\
 &= 738237,7 - 1135,8 d
 \end{aligned}$$

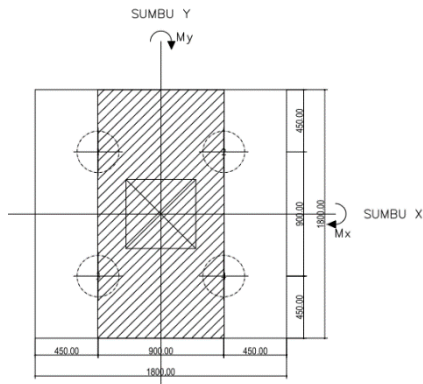
Gaya Geser yang Mampu Dipikul oleh Beton Vc (N)

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \times b_w \times d \\
 &\quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1})
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 738237,7 - 1135,8 d &\leq 0,75 \times 0,17 \times \sqrt{30} \times 1800 \times d \\
 738238 &\leq 1257,023 d + 1135,75 d \\
 d &\leq 308,528
 \end{aligned}$$

▪ Perhitungan Geser Dua Arah pada Pile Cap



Perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$\alpha_s = 40$ untuk kolom tengah

$\alpha_s = 30$ untuk kolom tepi

$\alpha_s = 20$ untuk kolom sudut

$$V_c = 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 (a), (b), (c))

Luasan Tributari A_t (mm²)

$$A_t = (l_{\text{pile cap}} \times b_{\text{pile cap}}) - ((h_{\text{kolom}} + t_{\text{pile cap}}) \times (b_{\text{kolom}} + t_{\text{pile cap}}))$$

$$\begin{aligned}
 &= (1800\text{mm} \times 1800\text{mm}) - ((500\text{mm} + d) \times (500\text{mm} + d)) \\
 &= 2990000 \text{ mm}^2 - 1000\text{mm} \cdot d - d^2
 \end{aligned}$$

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$\begin{aligned}
 V_u &= q t \times A_t \\
 &= 0,63 \text{ N/mm}^2 \times (2990000 \text{ mm}^2 - 1000\text{mm} \cdot d - d^2) \\
 &= 1886607 - 630,97 d - 0,63 d^2
 \end{aligned}$$

Persamaan 1

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 (a))} \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \sqrt{30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \times (2 \times (500\text{mm} + 500\text{mm}) + 4d) \times d \\
 &= 0,17 \times 3 \times 5,48 \times (2000 + 4d) \times d \\
 &= 5586,8 \cdot d + 11,17 d^2
 \end{aligned}$$

Cek syarat:

$$\begin{aligned}
 &V_u \leq \phi V_c \\
 &1886607 - 630,97 d - 0,63 d^2 \leq 0,75 \cdot 5586,8 d + 11,17 d^2 \\
 &0 \leq -1886607 + 4821,05 d + 9,01 d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= -267,51 \pm 530,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= -797,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= 262,52
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah $d_2 = 262,52$

Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &\quad \text{(SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 (b))}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,083 \times \left(\frac{40 \times d}{(2 \times (500 + 500) + 4d)} + 2 \right) \times \sqrt{30} \times (2 \times (500 + 500) + 4d) \times d \\
&= 0,083 \times \left(\frac{48d}{(2000 + 4d)} + 2 \right) \times 5,48 \times (2000 + 4d) \times d \\
&= 0,083 \times (48d + 4000) \times 5,48 \times d \\
&= 1818,44 d + 21,83 d^2
\end{aligned}$$

Cek syarat:

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$1886607 - 630,97 d - 0,63 d^2 \leq 0,75(18,18 d + 21,83 d^2)$$

$$1886607 - 630,97 d - 0,63 d^2 \leq 1363,83 d + 16,37 d^2$$

$$0 \leq -1886607 + 1994,8 d + 17 d$$

$$\begin{aligned}
d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
&= -58,68 \pm 338,29
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_1 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
&= -396,97
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_2 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
&= 279,61
\end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah $d_2 = 279,61$

Persamaan 3

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,33 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
&\quad (SNI 2847:2013, Pasal 11.11.2.1 \text{ ©}) \\
&= 0,33 \times \sqrt{30} \times (2 \times (500 + 500) + 4d) \times d \\
&= 0,33 \times 5,48 \times (2000 + 4d) \times d \\
&= 1,8 \times (2000d + 4d^2) \\
&= 3600d + 7,2d^2
\end{aligned}$$

Cek syarat:

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$1886607 - 630,97 d - 0,63 d^2 \leq 0,75(3600d + 7,2d^2)$$

$$0 \leq -1886607 + 3342,2 d + 6,05d^2$$

$$\begin{aligned} d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= -276,06 \pm 622,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= -898,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= 346,73 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah $d_2 = 346,73$

Maka dipakai $d = 346,73 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai } h &= \text{tebal selimut} + D \text{ tul. Poer} + \\ &\quad \frac{1}{2} D \text{ tul. Pile cap} + D \text{ rencana} \\ &= 75 \text{ mm} + 22 \text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} + \\ &\quad 346,73 \\ &= 454,73 \text{ mm} = 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek berdasarkan panjang penyaluran tulangan kolom

Panjang sambungan lewatan kolom

$$\begin{aligned} L_d &= 0,071 \times f_y \times d_b \\ &\quad \text{(SNI 2847:2013 Pasal 12.16.1)} \\ &= 0,071 \times 400 \text{ Mpa} \times 22 \text{ mm} \\ &= 624,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek persyaratan:

$$L_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$624,8 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Bengkokan 90° ditambah perpanjangan 12 db pada ujung bebas kait.

$$\begin{aligned} L &= 12 d_b \\ &= 12 \times 22 \text{ mm} \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_d \text{ tarik} &= 624 \text{ mm} - 360,8 \text{ mm} \\ &= 360,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek :

$$h > L_d$$

$$700 \text{ mm} > 360,8 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka dipakai tinggi pile cap 700 mm.

- Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok Dari output SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut:

Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$\begin{aligned} P &= 126541,64 \text{ kg} &= 126,54 \text{ ton} \\ M_{ux} &= -3170,67 \text{ kg.m} &= 3,17 \text{ ton.m} \\ M_{uy} &= 1283,41 \text{ kg.m} &= 1,28 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,7Ex+0,21Ey+0,75L+0,75Lr)

$$\begin{aligned} P &= 127139,57 \text{ kg} &= 127,14 \text{ ton} \\ M_{ux} &= 8840,81 \text{ kg} &= 8,84 \text{ ton} \\ M_{uy} &= -10441,61 \text{ kg} &= 10,44 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,21Ex+0,7Ey+0,75L+0,75Lr)

$$\begin{aligned} P &= 119485,34 \text{ kg} &= 119,49 \text{ ton} \\ M_{ux} &= 15064,59 \text{ kg} &= 15,07 \text{ ton} \\ M_{uy} &= -4757,05 \text{ kg} &= 3,83 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

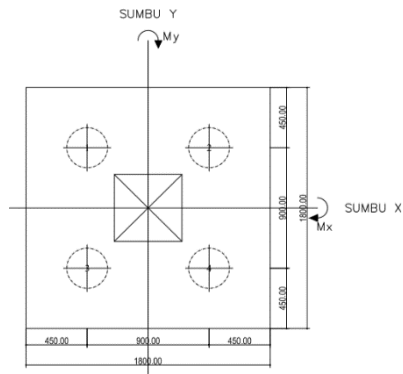
Akibat Beban Tetap (1D+1L)

$$\begin{aligned} P &= 126541,64 \text{ kg} &= 126,54 \text{ ton} \\ M_{ux} &= -3170,67 \text{ kg.m} &= 3,17 \text{ ton.m} \\ M_{uy} &= 1283,41 \text{ kg.m} &= 1,28 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Berat Pile Cap} &= \left(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 0,8\text{m} \times 0,7\text{m} \right) \\ &= 5,4 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\Sigma P = 126,54\text{ton} + 5,4 \text{ ton} = 131,98 \text{ ton}$$



	X (m)	X ² (m)
X1	-0,45	0,2025
X2	0,45	0,2025
X3	-0,45	0,2025
X4	0,45	0,2025
ΣX		0,81

	Y (m)	Y ² (m)
Y1	0.45	0,2025
Y2	0.45	0,2025
Y3	-0,45	0,2025

Y4	-0,45	0,2025
ΣY		0.81

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 34,04 \text{ ton} \\
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 35,47 \text{ ton} \\
 P_3 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} - \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 30,52 \text{ ton} \\
 P_4 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} - \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 31,95 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_2 = 35,47 \text{ ton}$

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &\leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \\
 35,47 \text{ ton} &\leq 64,23 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Akibat Beban Sementara

(1D+0,7Ex+0,21Ey+0,75L+0,75Lr)

$$\begin{aligned}
 P &= 127139,57 \text{ kg} &= 127,14 \text{ ton} \\
 M_{ux} &= 8840,81 \text{ kg} &= 8,84 \text{ ton} \\
 M_{uy} &= -10441,61 \text{ kg} &= 10,44 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Pile Cap} &= \left(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,7\text{m} \right) \\
 &= 5,4 \text{ ton} \\
 \Sigma P &= 131,98 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

	X (m)	X ² (m)
X1	-0,45	0,2025
X2	0,45	0,2025
X3	-0,45	0,2025
X4	0,45	0,2025
ΣX		0,81

	Y (m)	Y ² (m)
Y1	0.45	0,2025
Y2	0.45	0,2025
Y3	-0,45	0,2025
Y4	-0,45	0,2025
ΣY		0.81

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2}$$

$$= 32,11 \text{ ton}$$

$$P_2 = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2}$$

$$= 43,71 \text{ ton}$$

$$P_3 = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} - \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2}$$

$$= 22,28 \text{ ton}$$

$$P_4 = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} - \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2}$$

$$= 33,89 \text{ ton}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_2 = 43,71 \text{ ton}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) pasal 1.2(2), untuk tanah keras daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$P_{\max} \leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times 1,5$$

$$43,71 \text{ ton} \leq 64,24 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

Akibat Beban Sementara

$$(1D+0,21E_x+0,7E_y+0,75L+0,75L_r)$$

$$P = 119485,34 \text{ kg} = 119,49 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = 15064,59 \text{ kg} = 15,07 \text{ ton}$$

$$M_{uy} = -4757,05 \text{ kg} = 3,83 \text{ ton.m}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Pile Cap} = \left(2,4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \times 1,8\text{m} \times 1,8\text{m} \times 0,7\text{m}\right)$$

$$= 5,4 \text{ ton}$$

$$\Sigma P = 131,98 \text{ ton}$$

	X (m)	X ² (m)
X1	-0,45	0,2025
X2	0,45	0,2025
X3	-0,45	0,2025
X4	0,45	0,2025
ΣX		0,81

	Y (m)	Y ² (m)
Y1	0,45	0,2025
Y2	0,45	0,2025
Y3	-0,45	0,2025
Y4	-0,45	0,2025
ΣY		0,81

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 P_1 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 39,24 \text{ ton} \\
 P_2 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 43,50 \text{ ton} \\
 P_3 &= \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \times X}{\Sigma X^2} - \frac{M_x \times Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 22,50 \text{ ton} \\
 P_4 &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\Sigma X^2} - \frac{M_x \cdot Y}{\Sigma y^2} \\
 &= 26,76 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_2 = 43,50 \text{ ton}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) pasal 1.2(2), untuk tanah keras daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &\leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times 1,5 \\
 43,50 \text{ ton} &\leq 64,24 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

■ Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap

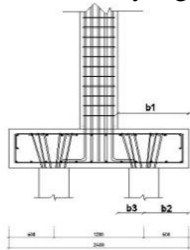
Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban semetara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan :

$$\text{Dimensi poer} = 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$$

Jumlah tiang pancang	= 4 buah
Dimensi kolom	= 500 mm x 500 mm
Mutu beton (f_c')	= 30 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 400 Mpa
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Selimut beton (p)	= 75 mm
h	= 700 mm
$d_x = 700 - 75 - (1/2 \times 22)$	= 614 mm
$d_y = 700 - 75 - 22 - (1/2 \times 22)$	= 592 mm
ϕ	= 0,9
β	= 0,85

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :



Poer arah X :

$$b_1 = 650 \text{ mm}$$

$$b_2 = 450 \text{ mm}$$

$$b_3 = 200 \text{ mm}$$

Poer arah Y :

$$b_1 = 650 \text{ mm}$$

$$b_2 = 450 \text{ mm}$$

$$b_3 = 200 \text{ mm}$$

Penulangan Poer Arah X

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} = 1,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,95 \text{ m} \\ &= 1965,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

P max beban tiang

Maka diambil $P = 43708,67 \text{ kg}$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -q_u \times \frac{1}{2} b_1 + (p \times b_3) \\ &= 8102,91 \text{ kgm} \\ &= 81029131,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ M_n &= \frac{81029131,1}{0,9} \end{aligned}$$

$$= 90032367,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{(b \cdot d^2)} = \frac{90032367,9 \text{ Nmm}}{(1800 \text{ mm} \cdot (614 \text{ mm})^2)} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \left(\frac{(0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c')}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + f_y)} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{(0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa})}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + 400 \text{ Mpa})} \right) \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,033 = 0,024$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - (2m \cdot R_n))}{f_y} \right)} \\ &= \frac{1}{15,69} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - ((2 \cdot 15,69) \cdot 0,13))}{400 \text{ Mpa}} \right)} \\ &= 0,0065 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0065 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai $\rho = 0,0065$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0065 \cdot 1800 \text{ mm} \cdot 614 \text{ mm} \\
 &= 3868,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 700 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 1400 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{A_s} \\
 &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{3868,2 \text{ mm}^2} \\
 &= 176,88 \text{ mm} < 1400 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan tumpuan X adalah D22 – 150 mm

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{150 \text{ mm}} \\
 &= 4561,59 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{ll}
 A_s \text{ pakai} & > \quad A_s \text{ perlu} \\
 4561,59 \text{ mm}^2 & > \quad 3868,2 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{array}$$

Penulangan Poer Arah Y

$$\begin{aligned}
 q_u = \text{berat poer} &= 1,8 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,65 \text{ m} \\
 &= 1965,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

P max beban tiang

$$\text{Maka diambil } P = 43708,67 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = -M_q + M_p$$

$$\begin{aligned}
 &= -qu \times \frac{1}{2} b_1 + (p \times b_3) \\
 &= 8102,913 \text{ kgm} \\
 &= 81029131,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\
 M_n &= \frac{81029131,1}{0,9} \\
 &= 90032367,9 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{(b \cdot d^2)} = \frac{90032367,9 \text{ Nmm}}{(1800 \text{ mm} \cdot (592 \text{ mm})^2)} = 0,014 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,69 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_b &= \left(\frac{(0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c')}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + f_y)} \right) \\
 \rho_b &= \left(\frac{(0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa})}{400 \text{ Mpa}} \right) \times \left(\frac{600}{(600 + 400 \text{ Mpa})} \right) \\
 &= 0,033 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,033 = 0,024 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - (2m \cdot R_n))}{f_y} \right)} \\
 &= \frac{1}{15,69} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{(1 - ((2 \cdot 15,69) \cdot 0,14))}{400 \text{ Mpa}} \right)} \\
 &= 0,0067
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0067 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dipakai $\rho = 0,0067$

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0067 \cdot 1800 \text{ mm} \cdot 592 \text{ mm}$$

$$= 3729,6 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 700 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 1400 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D22

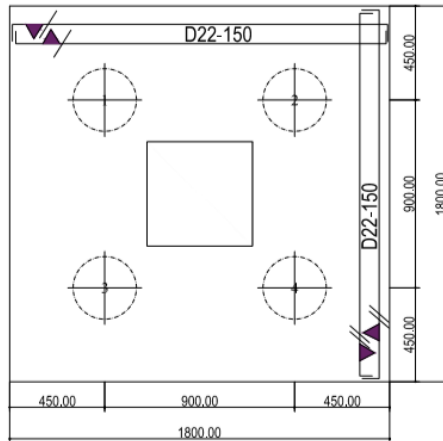
$$\begin{aligned} S &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{A_s} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{3729,6 \text{ mm}^2} \\ &= 183,46 \text{ mm} < 1400 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan tumpuan Y adalah D22 – 150 mm

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot b\right)}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (22 \text{ mm})^2 \cdot 1800 \text{ mm}\right)}{150 \text{ mm}} \\ &= 4561,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

As pakai > As perlu
 $4561,59 \text{ mm}^2 > 3729,6 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)

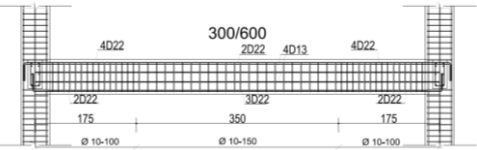
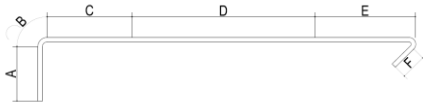
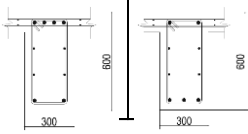
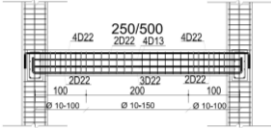
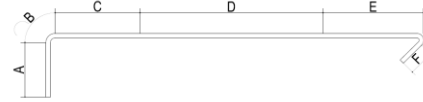
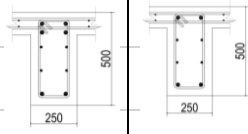
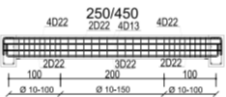

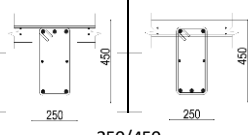


PONDASI
P2

4.4 Perhitungan Volume Pembesian

Berikut ini akan dibahas mengenai perhitungan volume kebutuhan pembesian balok dalam satu bangunan. Perhitungan volume pembesian balok digolongkan berdasarkan dimensi elemen struktur, bentang elemen struktur dan diameter tulangan yang digunakan. Hasil akhir dari perhitungan volume pembesian adalah berupa kebutuhan panjang tulangan yang diperlukan, jumlah lonjor, berat besi yang ditinjau per diameter yang digunakan dan rasio berat tulangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LANTAI	BALOK	SKETSA	DETAIL 1	DETAIL 2		PANJANG (mm)			
				TUMPUAN	LAPANGAN	TOTAL	BERSIH	TUMPUAN	LAPANGAN
2-4	B1				300/600	7000	6500	3250	3250
						2500	2000	1000	1000
						1500	1000	500	500
	B2				250/500	4500	4000	2000	2000
						4000	3500	1750	1750
						3000	2500	1250	1250
	BA				250/450	5000	4700	2350	2350
						4500	4200	2100	2100
						4000	3700	1850	1850

TULANGAN UTAMA															
DIAMTER TULANGAN		PENJANGKARAN (A+B+C)			PENYALURAN (E+F)			JUMLAH TULANGAN TUMPUAN			JUMLAH TULANGAN LAPANGAN			PANJANG TULANGAN TOTAL (m)	
ATAS & BAWAH	TENGAH	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH	ATAS	TENGAH	BAWAH	D13	D22
D22	D13	714 mm	250	564 mm	1000	250	1000	4	4	2	2	4	3	27	55.418
D22	D13	714 mm	250	564 mm	1000	250	1000	4	4	2	2	4	3	9	30.668
D22	D13	714 mm	250	564 mm	1000	250	1000	4	4	2	2	4	3	5	25.168
D22	D13	714 mm	250	564 mm	600	250	1000	4	4	2	2	4	2	17	37.268
D22	D13	714 mm	250	564 mm	600	250	600	4	4	2	2	4	2	15	32.368
D22	D13	714 mm	250	564 mm	600	250	600	4	4	2	2	4	2	11	27.368
D22	D13	714 mm	250	564 mm	600	250	600	4	4	2	2	4	2	9	24.868
D22	D13	614 mm	250	464 mm	500	250	500	3	2	2	2	2	3	9.9	33.89
D22	D13	614 mm	250	464 mm	500	250	500	3	2	2	2	2	3	8.9	31.39
D22	D13	614 mm	250	464 mm	500	250	500	3	2	2	2	2	3	7.9	28.89

TULANGAN SENGKANG												REKAPITULASI							
DETAIL 3	DIAMETER TULANGAN	PANJANG (mm)					JARAK SENGKANG		JUMLAH SENGKANG		PANJANG TOTAL SENGKANG (m)	BERAT TOTAL TULANGAN (kg)			KEBUTUHAN LONJOR PER 12m			VOLUME BALOK (m ³)	RATIO TULANGAN DENGAN BETON
		A	B	C	D	TOTAL	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	Ø10	Ø10	D13	D22	Ø10	D13	D22		
	Ø10	178	478	15.71	60	731.71	100	150	32	22	39.512	24.366	28.125	165.330	4.000	3.000	5.000	1.260	172.874
	Ø10	178	478	15.71	60	731.71	100	150	9	7	11.707	7.220	9.375	91.493	1.000	1.000	3.000	0.594	181.965
	Ø10	178	478	15.71	60	731.71	100	150	4	4	5.854	3.610	5.208	75.085	1.000	1.000	3.000	0.450	186.450
	Ø10	128	378	15.71	60	581.71	90	150	22	13	20.360	12.555	17.708	111.183	2.000	2.000	4.000	0.750	188.595
	Ø10	128	378	15.71	60	581.71	90	150	19	12	18.033	11.120	15.625	96.565	2.000	2.000	3.000	0.625	197.296
	Ø10	128	378	15.71	60	581.71	90	150	13	9	12.798	7.892	11.458	81.648	2.000	1.000	3.000	0.500	201.996
	Ø10	128	378	15.71	60	581.71	90	150	10	7	9.889	6.098	9.375	74.190	1.000	1.000	3.000	0.438	204.944
	Ø10	128	328	15.71	60	531.71	90	125	25	19	23.395	14.427	10.313	101.105	2.000	1.000	3.000	0.675	186.437
	Ø10	128	328	15.71	60	531.71	90	125	23	17	21.268	13.116	9.271	93.647	2.000	1.000	3.000	0.619	187.528
	Ø10	128	328	15.71	60	531.71	90	125	20	15	18.610	11.476	8.229	86.189	2.000	1.000	3.000	0.563	188.256

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri ini terdapat beberapa perubahan yaitu:
 - Jumlah lantai direncanakan menjadi 4 lantai dari jumlah awal 7 lantai.
 - Rangka atap bangunan dirubah menjadi rangka atap beton dari yang awalnya adalah rangka atap baja.
 - Perubahan denah dan letak ruangan.
2. Perencanaan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri dengan kategori resiko II dan kelas situs SD termasuk kedalam kategori desain seismik C dapat dirancang dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
3. Dari seluruh pembahasan perhitungan struktur gedung Kantor Mitra Yatim Mandiri Surabaya, Jawa Timur, yang telah diuraikan dapat diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:
 - **Komponen Pelat**
Perencanaan dimensi pelat lantai beton bertulang dengan tebal $t = 12 \text{ cm}$.

Pelat Lantai 2 Arah

Tabel 5.1 Rekap Penulangan Pelat Lantai dua Arah

Tipe Plat	Ukuran		Tulangan arah X		Tulangan arah Y		Tulangan susut
	Ly (m)	Lx (m)	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
S1	4	3.5	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø 8 - 200
S2	4.5	3.5	Ø10 - 150	Ø10 - 150	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø 8 - 200
S3	4	2.5	Ø10 - 240	Ø10 - 240	Ø10 - 240	Ø10 - 240	Ø 8 - 200
S4	4.5	2.5	Ø10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 8 - 200
S5	5	3.5	Ø10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 10 - 200	Ø 10 - 200	Ø 8 - 200
S7	2.5	2.5	Ø 10 - 240	Ø 10 - 240	Ø 10 - 240	Ø 10 - 240	Ø 8 - 200
S8	5	3	Ø10 - 100	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 150	Ø 8 - 200

Pelat Lantai 1 Arah

Tabel 5.2 Rekap Penulangan Pelat Lantai satu Arah

Tipe Plat	Ukuran		Tulangan arah X			Tulangan susut
	Ly (m)	Lx (m)	Tump. Kiri	Lapangan	Tump.	
S6	5	2.5	Ø10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 8 - 200

Perencanaan dimensi pelat atap beton bertulang dengan tebal $t = 12 \text{ cm}$.

Pelat Atap

Tabel 5.3 Rekap Penulangan Pelat Atap

Tipe Plat	Ukuran		Tulangan arah X		Tulangan arah Y		Tulangan susut
	Ly (m)	Lx (m)	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
S1	7	4	Ø8 - 100	Ø8 - 100	Ø8 - 150	Ø8 - 150	Ø 8 - 200
S2	7	4.5	Ø8 - 100	Ø8 - 100	Ø8 - 100	Ø8 - 100	Ø 8 - 200
S3	4	2.5	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø 8 - 200
S4	4.5	2.5	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø 8 - 200
S5	7	5	Ø10 - 100	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Ø 10 - 150	Ø 8 - 200
S7	2.5	2.5	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø 8 - 200
S8	5	3	Ø8 - 150	Ø8 - 150	Ø8 - 240	Ø8 - 240	Ø 8 - 200

Pelat Tangga dan Bordes

Tabel 5.4 Rekap Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

Tipe	Posisi	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y
TANGGA 1	Tangga	Ø12-100	Ø16-100
	Bordes	Ø12-100	Ø16-100
TANGGA 2	Tangga	Ø12-100	Ø16-100
	Bordes	Ø12-100	Ø16-100

▪ Komponen Balok

Balok Induk 1	= 30/60
Balok Induk 2	= 25/50
Balok Atap 1	= 30/60
Balok Atap 2	= 25/50
Balok Anak	= 25/45
Sloof	= 30/60

Tabel 5 5 Rekap Penulangan Balok

No.	Tipe Balok	Tul. Torsi	Tul. Lentur				Tul. Geser	
			Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
1	BI _{mel.it1}	4D13	4D22	2D22	3D22	2D22	Ø10-100	Ø10-150
2	BI _{mel.it2}	4D13	4D22	2D22	3D22	2D22	Ø10-100	Ø10-150
3	BI _{mel.it3}	4D13	4D22	2D22	3D22	2D22	Ø10-100	Ø10-150
4	BI _{mel.itatap}	4D13	3D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-100	Ø10-150
5	BI 2 _{mem.it1}	4D13	4D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-90	Ø10-150
6	BI 2 _{mem.it2}	4D13	4D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-90	Ø10-150
7	BI 2 _{mem.it3}	4D13	4D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-90	Ø10-150
8	BI 2 _{mem.itatap}	4D13	3D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-100	Ø10-150
9	BA _{it.1}	2D13	3D22	2D22	3D22	2D22	Ø10-90	Ø10-125
10	BA _{it.2}	2D13	3D22	2D22	3D22	2D22	Ø10-90	Ø10-125
11	BA _{it.3}	2D13	3D22	2D22	3D22	2D22	Ø10-90	Ø10-125
12	Sloof	4D13	3D19	2D19	2D19	2D19	Ø10-100	Ø10-150

▪ Komponen Kolom

Kolom 1	= 50/50
Kolom 2	= 40/40

Tabel 5.6 Rekap Penulangan Kolom

Tipe	Dimensi	Tul.lentur	Tul. Geser
	cm		
K1	50/50	8D22	Ø10-100
K2	40/40	8D22	Ø10-100

▪ **Komponen Pondasi**

Tabel 5.7 Rekap Penulangan Pondasi

Jenis	Dimensi	n pile	Ø	Tumpuan bawah		Tumpuan atas		Tebal pile cap (mm)
	(m)		(m)	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y	
P1	1.8 x 0.9	2	0.3	D22-150	D22-150	D22-150	D22-150	700
P2	1.8 x 1.8	4	0.3	D22-150	D22-150	D22-150	D22-150	700
P3	1.8 x 0.9	2	0.3	D22-150	D22-150	D22-150	D22-150	700

▪ **Bestat**

Rekapitulasi satu bangunan						
Tipe Balok	Panjang Tulangan (m)			Kebutuhan Lonjor (buah)		
	D22	D13	Ø10	D22	D13	Ø10
B1	4433.44	2160	3160.99	370	180	264
B2	894.43	408	488.64	75	34	41
BA	101.67	29.7	70.19	9	3	6

Tipe Balok	Berat Tulangan per Balok (kg)	Volume Cor Per Balok (m ³)	Rasio (kg/m ³)
B1	217.82	1.26	172.87
B2	141.45	0.75	188.60
BA	125.84	0.68	186.44

5.2 Saran

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam pengumpulan data perencanaan perlu didapatkan data lengkap meliputi gambar arsitek dan stuktur asli dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer perencanaan perhitungan.
2. Untuk proses perhitungan perencanaan menggunakan referensi yang sesuai dengan perhitungan tersebut.
3. Penentuan preliminary desain struktur harus mempertimbangkan efisiensi dari dimensi yang digunakan serta perhitungan penulangan untuk elemen struktur harus mempertimbangkan kecukupan penampang untuk menahan tulangan tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI)*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Imran, Iswandi, Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

1. Data Tanah



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
LABORATORIUM TRANSPORTASI DAN GEOTEKNIK
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp : 031 5981006, 5946737, Fax : 031 5981006
Email : labtransgeo.its@gmail.com

DRILLING LOG

Project: Pembangunan Gedung Lokasi: Kalimantan, Irian Jaya Elevasi: ± MSL (antara tanah setempat)				Type of Drilling SDP 12.12.1971		Borehole 08 - 11 Maret 1972		Remarks dit = thickness Sample SP = SP Log	
				Standard Penetration Test					
No	Depth m	Soil Description	Type of Soil	Moisture Content (%)	SPT Blows	Penetration Test (cm)			N-Value
						10 cm	15 cm	30 cm	
1	0.00					10	15	30	
2	0.00					10	15	30	
3	0.00					10	15	30	
4	0.00					10	15	30	
5	0.00					10	15	30	
6	0.00					10	15	30	
7	0.00					10	15	30	
8	0.00					10	15	30	
9	0.00					10	15	30	
10	0.00					10	15	30	
11	0.00					10	15	30	
12	0.00					10	15	30	
13	0.00					10	15	30	
14	0.00					10	15	30	
15	0.00					10	15	30	
16	0.00					10	15	30	
17	0.00					10	15	30	
18	0.00					10	15	30	
19	0.00					10	15	30	
20	0.00					10	15	30	
21	0.00					10	15	30	
22	0.00					10	15	30	
23	0.00					10	15	30	
24	0.00					10	15	30	
25	0.00					10	15	30	
26	0.00					10	15	30	
27	0.00					10	15	30	
28	0.00					10	15	30	
29	0.00					10	15	30	
30	0.00					10	15	30	
31	0.00					10	15	30	
32	0.00					10	15	30	
33	0.00					10	15	30	
34	0.00					10	15	30	
35	0.00					10	15	30	
36	0.00					10	15	30	
37	0.00					10	15	30	
38	0.00					10	15	30	
39	0.00					10	15	30	
40	0.00					10	15	30	
41	0.00					10	15	30	
42	0.00					10	15	30	
43	0.00					10	15	30	
44	0.00					10	15	30	
45	0.00					10	15	30	
46	0.00					10	15	30	
47	0.00					10	15	30	
48	0.00					10	15	30	
49	0.00					10	15	30	
50	0.00					10	15	30	
51	0.00			</					

2. Data Spesifikasi Keramik



30 x 30



Plain Colour 30x30 H1



Plain Colour 30x30 H2



Plain Colour 30x30 H3



Shade 30x30 G1



Shade 30x30 G2



Shade 30x30 G3



Fancy 30x30 G4



Fancy 30x30 G5



Fancy 30x30 G6



Fancy 30x30 G7



Fancy 30x30 G8



Fancy 30x30 G9



Fancy 30x30 G10



Fancy 30x30 G11



Fancy 30x30 G12



Fancy 30x30 G13



Fancy 30x30 G14



Fancy 30x30 G15



Fancy 30x30 G16



Fancy 30x30 G17



Fancy 30x30 G18



Fancy 30x30 G19



Fancy 30x30 G20



Fancy 30x30 G21



Fancy 30x30 G22



Fancy 30x30 G23



Fancy 30x30 G24



Fancy 30x30 G25



Fancy 30x30 G26



Fancy 30x30 G27



Fancy 30x30 G28



Fancy 30x30 G29



Fancy 30x30 G30



Fancy 30x30 G31



Fancy 30x30 G32



Fancy 30x30 G33



Fancy 30x30 G34



Fancy 30x30 G35



Fancy 30x30 G36



Fancy 30x30 G37



Fancy 30x30 G38



Fancy 30x30 G39



Fancy 30x30 G40



Fancy 30x30 G41



Fancy 30x30 G42



Fancy 30x30 G43



Fancy 30x30 G44



Fancy 30x30 G45



Fancy 30x30 G46



Fancy 30x30 G47



Fancy 30x30 G48



Fancy 30x30 G49



Fancy 30x30 G50



Fancy 30x30 G51



Fancy 30x30 G52



Fancy 30x30 G53



Fancy 30x30 G54



Fancy 30x30 G55



Fancy 30x30 G56



Fancy 30x30 G57



Fancy 30x30 G58



Fancy 30x30 G59



Fancy 30x30 G60



Fancy 30x30 G61

TECHNICAL DATA

ARAWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARAWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARAWANA	ISO
Size Tolerance	%	±0.5	±0.6	%	(-0.2; +0.52)	(-0.3; +0.8)
Thickness Tolerance	%	±0.4	±0.5	%	±0.4	±0.10
Rectangularity	%	±0.4	±0.6	%	±0.3	±0.3
Straightness of sides	%	±0.4	±0.5	%	±0.3	±0.3
Curvature	%	±0.5	±0.5	mm	(-0.2; +0.8)	(-0.2; +0.8)
a. Center Curvature	%	±0.5	±0.5	mm	(-0.2; +0.8)	(-0.2; +0.8)
b. Edge Curvature	%	±0.5	±0.5	mm	0.5	0.5
c. Warpage	%	±0.5	±0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	mm 200	180	kg/cm ²	mm 200	mm 150
Water Absorption	%	6-9	6-10	%	>10	>10
Crazing Resistance	Required (5 bar)	Required (5 bar)	Required (5 bar)	Required (5 bar)	Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (mm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG./BOX
20cm x 25cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT. ARAWANA CITRAMULIA TM
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Jakarta 11610
Pusat: +62 21 5830 2363
Fax: +62 21 5830 2361
E-mail: info@arawanacitra.com
Website: www.arawanacitra.com

Sole Distributor
PT PRIMAARAH KERAJINDO
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Pusat: +62 21 5835 8118
Fax: +62 21 5835 8008
E-mail: info@pgk.arawanacitra.com

Factories
PLANT1:
PT. ARAWANA CITRAMULIA (ACM)
Jl. Raya Pasar Kemis
Tangerang 15133, Banten
Pusat: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
Email: info@pura.arawanacitra.com

PLANT2:
PT. ARAWANA NUANSA KERAMIK (ANK)
Jl. Raya Gorda, Desa Kihin Km 69
Cikande - Serang, Banten
Pusat: +62 254 400365-47 Fax: +62 254 400364
Email: info@nuka.arawanacitra.com

PLANT3:
PT. SINAR KARYA DUTA ARJUN (SKDA)
Jl. Waringin Anson Raya Km. 33
Desa Waringin Anson, Ks. Gresik
Jawa Timur
Pusat: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
Email: info@kda.arawanacitra.com

3. kasi Plafond Kalsiboard

KalsiBoard Ling 4.5®

Ceiling Application

Product information & Standard dimensions

KalsiBoard Ling 4.5® is a 4.5 mm thick ceiling board, for interior applications, to be nailed on a wooden frame. The joints between the boards have to remain open and cannot be filled with a jointing compound due to the boards' thickness.

The boards cannot be screwed and then cannot be applied on a metal frame for the same reason.

KalsiBoard Ling 4.5® is thicker with more mechanical resistance and an improved humidity resistance than **KalsiBoard Ling 4.5**.

KalsiBoard Ling 4.5® is an economical and fast solution for interior ceiling applications, for instance as substitute to plywood, or for ceilings' renovation works.

Product Name	Thickness (mm)	Width (mm)	Length (mm)	Weight (kg)
KalsiBoard Ling 4.5®	4.5	1220	2440	19.02
	4.5	1200	2400	18.40

*Average weight per 1 m² is 6.3 kg



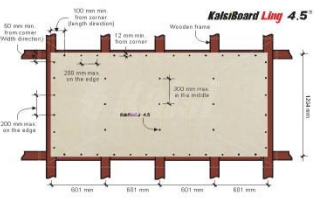
Private house - Pandaan



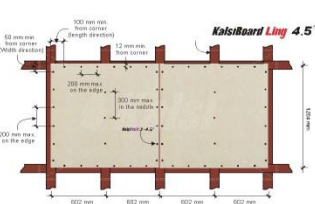
Private house - Gresik

The best installation practice for KalsiBoard Ling 4.5®

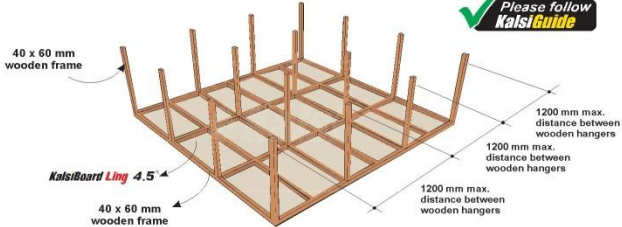
View from below type 1



View from below type 2




View from the top: Preparing the wooden frame



4. Data Spesifikasi Asphalt

[illegible]

5. Data Spesifikasi bata ringan (citicon)



CITICON
BATA RINGAN

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³
 Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
 Kuat tekan, (σ) : $\geq 4,0$ N/m²
 Konduktivitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm) : 600
 Height, H (mm) : 200 ; 400
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ) : 530 kg/m³
 Field Density, (ρ) : 600 kg/m³
 Compressive Strength, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
 Thermal Conductivity, (λ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

6. Data Spesifikasi Acian NP S450



DINDING

◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata, ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik
- Daya sebar/ak $\pm 2-2,5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg

Acian dinding dan plester

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/ak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg

◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/ak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg

Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/ak $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg

◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspas dari beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/ak $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$



20kg

◆ Thinbed 101 TB101

- Persekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/ak $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Cepat dalam pengeringannya



40kg

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/ak $\pm 4,5-6,5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Khusus Bata Ringan

Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat bonding dinding plester antara permukaan beton
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll
- Tebal aplikasi 3-15 mm



25kg 40kg

◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

7. Data Spesi

MU-450

40 kg

Perekat Keramik Lantai

Kegunaan

Adukan semen instan sebagai perekat untuk pekerjaan pemasangan keramik, marmet, granit atau batu alam lainnya pada lantai

Standar Acuan Produk

- BSEN 1348: 1999
- BSEN 1348: 1999

Dasar Permukaan

- Permukaan lantai dengan adukan perata lantai (MU-440, MU-300 atau MU-301)
- Permukaan lantai rabot
- Permukaan lantai beton

Keunggulan

- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Open time: ± 10-20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Tahan terhadap pasir, muti
- Pasangan keramik melekat dengan kuat & dapat mencegah terganggunya pasangan keramik
- Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik

Cara Pemakaian

- Alat Kerja: Roskam bergigi
- Persiapan:
 - Siapkan tempat kerja & permukaan dimana akan dipasang keramik. Sebaiknya keramik dipasang pada dasar permukaan lantai rabot atau screed yang sudah cukup kering, rata & stabil.
 - Gunakan terlebih dulu campuran MU-LS00 (larutan kedap air) pada permukaan yang rata & bersih, bila membutuhkan lantai yang lebih kedap air.
 - Pasang petunjuk petunjuk yang cukup untuk keseragaman kelurusan & kemudahan pemasangan keramik.
 - Bersihkan dasar permukaan tersebut dari serpihan, kotoran & minyak, kemudian basahi secukupnya dengan air.
 - Keramik yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dahulu dengan air.
- Pencampuran:
 - Masukkan adukan kering MU-450 kedalam bak adukan
 - Tuang air sebanyak 10,0 - 10,5 liter untuk tiap kantong MU-450 (40 kg)
 - Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi:
 - Pemasangan keramik lantai dilakukan secara manual dengan roska bergigi sebagaimana umumnya.
 - Tebal spesi yang di anjurkan adalah 3-5 mm.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu
- Perekat : Semen Portland
- Agregat : Pasir silika dengan besar butir maksimum 0,6 mm
- Bahan tambah (additive) : Bahan larut air guna meningkatkan kelekakan (konsistensi), daya rekat & elastisitas
- Bahan pengisi (filler) : Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Kepadatan (density) :
 - Kering = 1,60 kg/liter
 - Basah = 1,85 kg/liter
- Tebal aplikasi : 3-5 mm, tergantung kerataan dasar permukaan, jenis bahan pasangan & ukurannya
- Kebutuhan air : 10,0 - 10,5 liter / sak 40 kg
- Open time : ± 20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Tensile adhesion bond Strength BSEN 1348 : > 0,8 N/mm²

Daya sebar (coverage)

± 8 m² / sak 40 kg / 3 mm

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

PT. CIPTA MORTAR UTAMA

MM2100 Industrial Town, Jl. Sumbawa Blok F1-1 Cikarang Barat, Bekasi 17520 - Indonesia

Telp. 162211 8981120. Fax. 162211 8981139. Email: info@mortarutama.com

8. Berat Struktur Bangunan

W	Beban	Elemen	Berat (kg)	Total (kg)
W1	Mati	Kolom K1 (50/50)	77550.00	263223.92
		Kolom K2 (40/40)	5280.00	
		Sloof S1 (30/60)	149940.00	
		Pelat dan Anak Tangga	6707.52	
		Pelat Bordes	4644.00	
		Dinding	7418.68	
	Hidup	Pelat Tangga	1231.03	
W2	Mati	Kolom K1 (50/50)	133950.00	649304.06
		Kolom K2 (40/40)	9120.00	
		Balok Induk B1 (30/60)	92232.00	
		Balok Induk B2 (25/50)	63900.00	
		Balok Anak (25/45)	20655.00	
		Pelat dan Anak Tangga	13415.04	
		Pelat bordes	4644.00	
		Pelat lantai	63072.90	
		Dinding	13096.68	
	Hidup	Pelat tangga	5551.61	
		Kantor	29805.00	
		Koridor	13292.25	
		Gudang	15300.00	
		Ruang baca	4520.25	
		Balkon	562.50	
		Atap	4992.00	

W3	Mati	Kolom K1 (50/50)	109200.00	596366.28
		Kolom K2 (40/40)	76800.00	
		Balok Induk B1 (30/60)	85320.00	
		Balok Induk B2 (25/50)	63900.00	
		Balok Anak (25/45)	16524.00	
		Pelat dan Anak Tangga	13415.04	
		Pelat bordes	4644.00	
		Pelat lantai	59808.90	
		Dinding	10968.90	
	Hidup	Pelat tangga	5551.61	
Kantor		36705.00		
Koridor		8502.25		
Gudang		15300.00		
Balkon		562.50		
W4	Mati	Kolom K1 (50/50)	105600.00	544276.64
		Kolom K2 (40/40)	3840.00	
		Balok Induk B1 (30/60)	79488.00	
		Balok Induk B2 (25/50)	56550.00	
		Balok Anak (25/45)	20655.00	
		Pelat dan Anak Tangga	13415.04	
		Pelat bordes	4644.00	
		Pelat Lantai	56810.10	
		Dinding	10254.06	
	Hidup	Pelat tangga	5551.61	
		Kantor	34800.00	
		Koridor	7903.50	
Gudang		15300.00		
Balkon		562.50		
W5	Mati	Kolom K1 (50/50)	52800.00	282576.11
		Balok Induk B1 (30/60)	44064.00	
		Balok Induk B2 (25/50)	49050.00	
		Pelat Atap	55304.40	
		Dinding	6238.79	
	Hidup	Atap	16987.20	
		JUMLAH		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sumenep, 23 Januari 1997, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis bernama lengkap Alvi Aulia ini telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Sumenep, SDN Pabian IV Sumenep, SMPN 1 Sumenep, SMAN 1 Sumenep. Setelah lulus dari SMAN 1 Sumenep tahun 2015, Penulis mengikuti tes masuk program DIII Reguler ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10111500000051. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Penulis juga aktif dalam kegiatan seminar yang diselenggarakan Departemen serta kepanitiaan yang diselenggarakan di Departemen dan Institut.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga tugas akhir terapan ini dapat terselesaikan, walaupun selama penyelesaian tugas akhir terapan mengalami hambatan dan rintangan yang menghadang.
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan sepanjang perjalanan selama menempuh pendidikan Diploma sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
3. Bapak Ridho Bayuaji, ST.,MT.,PhD selaku dosen pembimbing yang telah membimbing untuk dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan sebaik-baiknya.
4. Seluruh dosen dan karyawan kampus ITS Manyar yang telah memberikan pendidikan dan bimbingan serta motivasi selama saya belajar di kampus ini.
5. Teguh Editiya Herfangga selaku partner TA yang telah bekerja sama dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
6. Teman-teman Departemen Teknik Infrastruktur Sipil yang telah memberikan semangat, perhatian dan dukungan selama penyusunan tugas akhir terapan ini.
7. Teman-teman diluar kampus ITS yang telah memberikan semangat, motivasi dan doa selama penyusunan tugas akhir terapan ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini.

BIODATA PENULIS



Lahir di Gresik, 21 Januari 1997, merupakan anak sulung dari 2 (dua) bersaudara. Bernama lengkap Teguh Editiya Herfangga, telah menempuh Pendidikan formal yaitu TK Al-Hijrah Gresik (2001-2003), SDN Sidomoro III Gresik (2003-2009), SMPN 1 Gresik (2009-2012), SMAN 1 Gresik (2012-2015). Setelah menempuh Pendidikan SMA

pada tahun 2015, mengikuti tes masuk program DIII Reguler ITS dan diterima di Departemen Infrastruktur Sipil dengan NRP 10111500000092. Saat jenjang perguruan tinggi memilih bidang studi Bangunan Gedung dan aktif dalam kegiatan non-akademik baik di lingkup Departemen maupun Institut.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga tugas akhir terapan ini dapat terselesaikan, walaupun selama penyelesaian tugas akhir terapan mengalami hambatan dan rintangan yang menghadang.
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan sepanjang perjalanan selama menempuh pendidikan Diploma sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
3. Bapak Ridho Bayuaji, ST.,MT.,PhD selaku dosen pembimbing yang telah membimbing untuk dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan sebaik-baiknya.
4. Seluruh dosen dan karyawan kampus ITS Manyar yang telah memberikan pendidikan dan bimbingan serta motivasi selama saya belajar di kampus ini.
5. Alvi Aulia selaku partner TA yang telah bekerja sama dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini.
6. Teman-teman Departemen Teknik Infrastruktur Sipil yang telah memberikan semangat, perhatian dan dukungan selama penyusunan tugas akhir terapan ini.
7. Teman-teman diluar kampus ITS yang telah memberikan semangat, motivasi dan doa selama penyusunan tugas akhir terapan ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini.



LAMPIRAN GAMBAR TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

ALVI AULIA
NRP. 10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
NRP.10111500000092

DOSEN PEMBIMBING
RIDHO BAYUAJI, ST., MT., Ph.D
NIP.19730710 199802 1 002

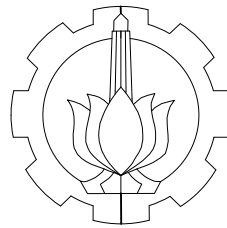
PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	KODE & NOMOR	SKALA
1. DENAH LANTAI 1	ARS - 01	1 : 100
2. DENAH LANTAI 2	ARS - 02	1 : 100
3. DENAH LANTAI 3	ARS - 03	1 : 100
4. DENAH LANTAI 4	ARS - 04	1 : 100
5. DENAH RENCANA ATAP	ARS - 05	1 : 100
6. TAMPAK DEPAN	ARS - 06	1 : 200
7. TAMPAK BELAKANG	ARS - 07	1 : 200
8. TAMPAK SAMPING KANAN & KIRI	ARS - 08	1 : 100
9. POTONGAN A-A	ARS - 09	1 : 100
10. POTONGAN B-B	ARS - 10	1 : 100
11. POTONGAN C-C & D-D	ARS - 11	1 : 100
12. POTONGAN E-E	ARS - 12	1 : 200
13. DENAH RENCANA SLOOF DAN PONDASI	STR - 01	1 : 100
14. DENAH KOLOM & BALOK LANTAI 2	STR - 02	1 : 100
15. DENAH KOLOM & BALOK LANTAI 3	STR - 03	1 : 100
16. DENAH KOLOM & BALOK LANTAI 4	STR - 04	1 : 100
17. DENAH KOLOM & BALOK ATAP	STR - 05	1 : 100
18. TABEL PENULANGAN BALOK	STR - 06	1 : 100
19. DENAH PLAT LANTAI 2	STR - 07	1 : 100
20. DENAH PLAT LANTAI 3	STR - 08	1 : 100
21. DENAH PLAT LANTAI 4	STR - 09	1 : 100
22. DENAH PLAT ATAP	STR - 10	1 : 100

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	KODE & NOMOR	SKALA
23. DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE S3	STR - 11	1 : 25
24. DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE S6	STR - 12	1 : 25
25. DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE S7	STR - 13	1 : 25
26. DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE S8	STR - 14	1 : 25
27. DENAH TANGGA	STR - 15	1 : 50
28. PENULANGAN PLAT TANGGA	STR - 16	1 : 50
29. POTONGAN TANGGA	STR - 17	1 : 25
30. DETAIL PENULANGAN PLAT TANGGA	STR - 18	1 : 20
31. PORTAL AS 6	STR - 19	1 : 100
32. PORTAL B	STR - 20	1 : 200
33. DETAIL PORTAL PT. 1 & PT. 2	STR - 21	1 : 25
34. DETAIL PORTAL PT. 3 & PT. 4	STR - 22	1 : 25
35. DETAIL PENULANGAN BALOK B1, B2, BA	STR - 23	1 : 50
36. DETAIL PENULANGAN KOLOM K1, K2	STR - 24	1 : 50
37. DETAIL PENULANGAN SLOOF	STR - 25	1 : 50
38. DETAIL PONDASI P1	STR - 26	1 : 50
39. DETAIL PONDASI P2	STR - 27	1 : 50
40. DETAIL PONDASI P3	STR - 28	1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

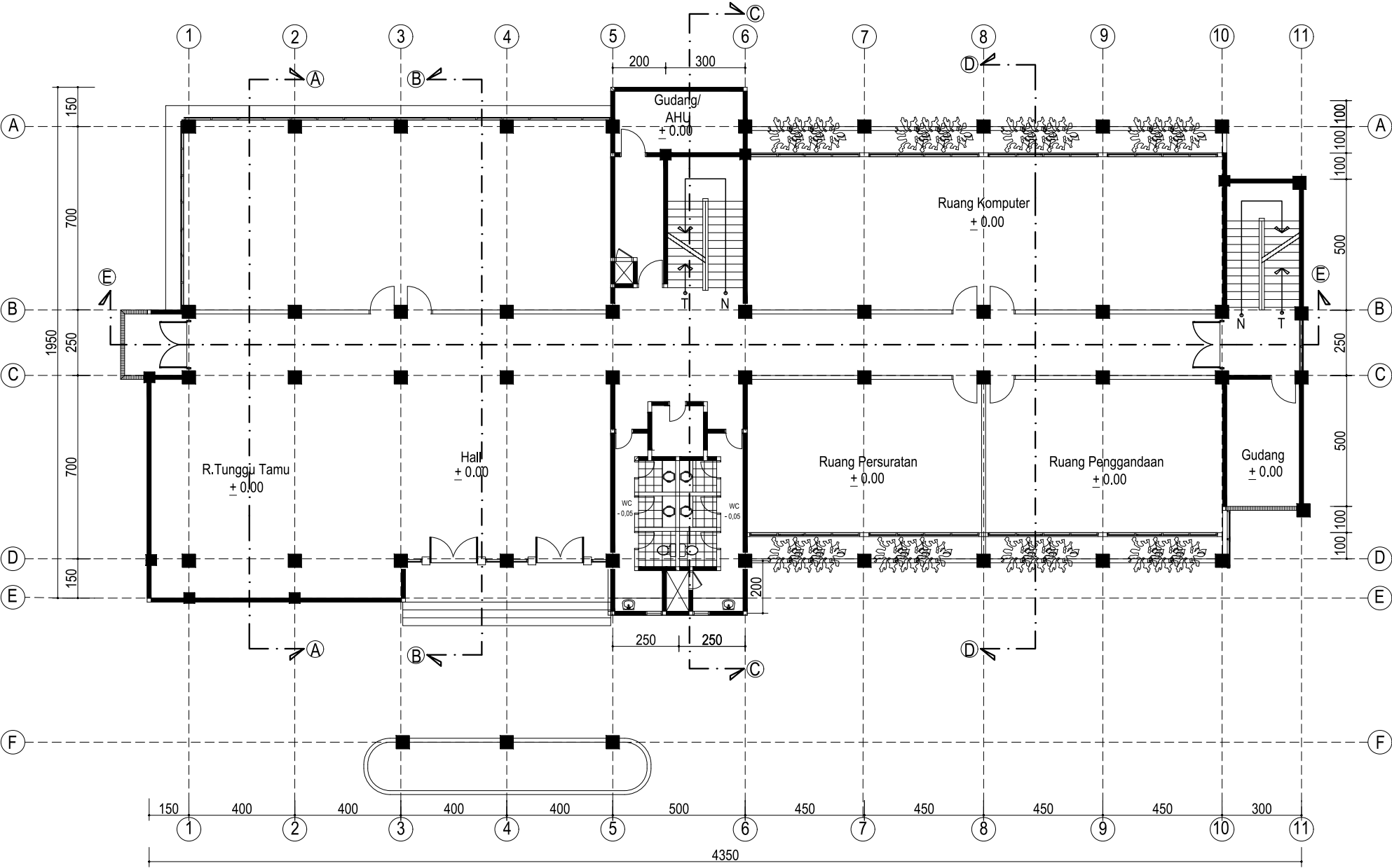
ARS-01

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

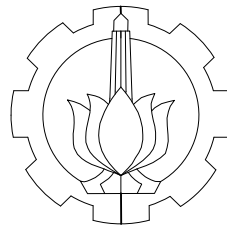
01

40



DENAH RENCANA LANTAI 1
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

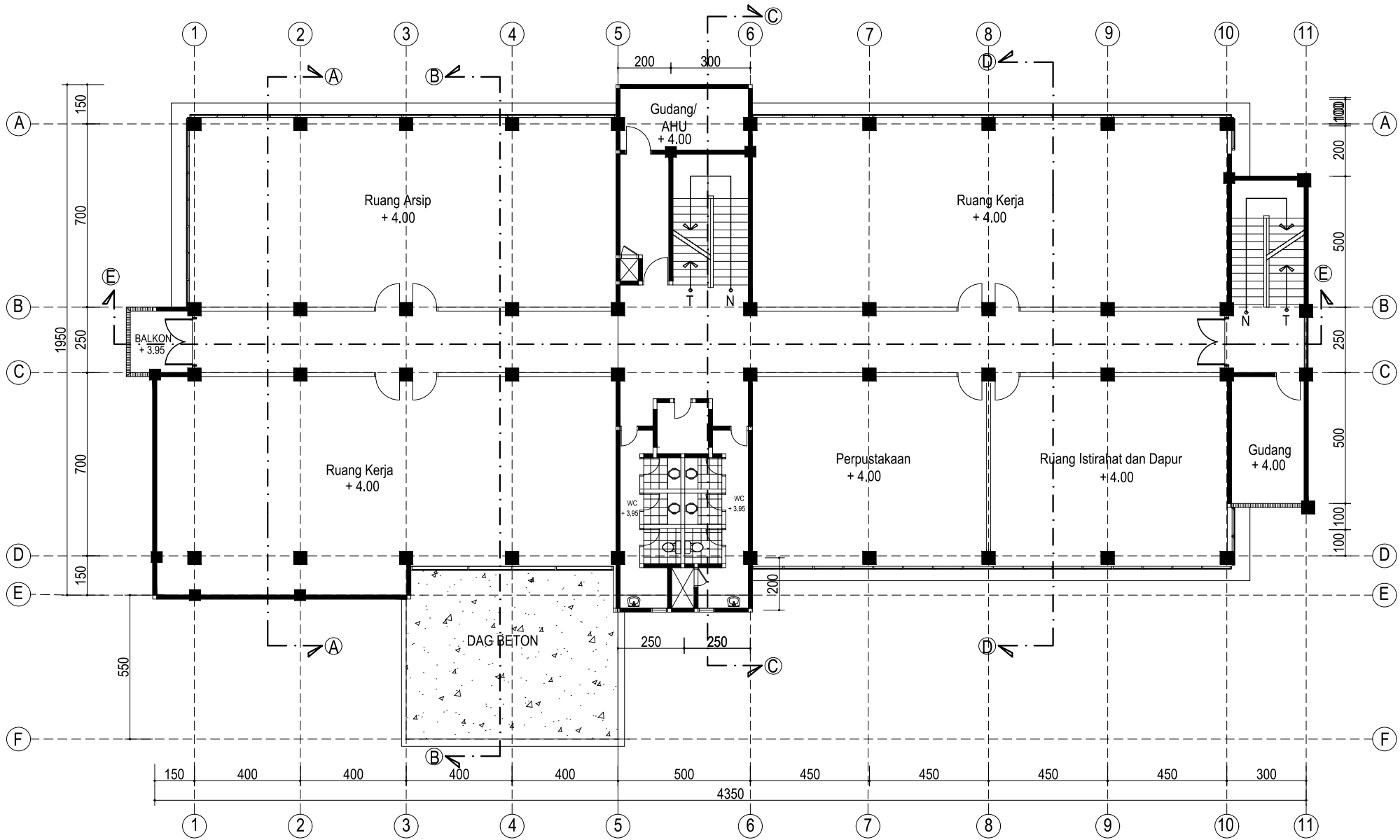
KODE GAMBAR

ARS-02

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

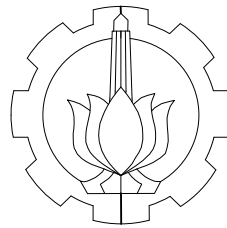
02

40



DENAH RENCANA LANTAI 2
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

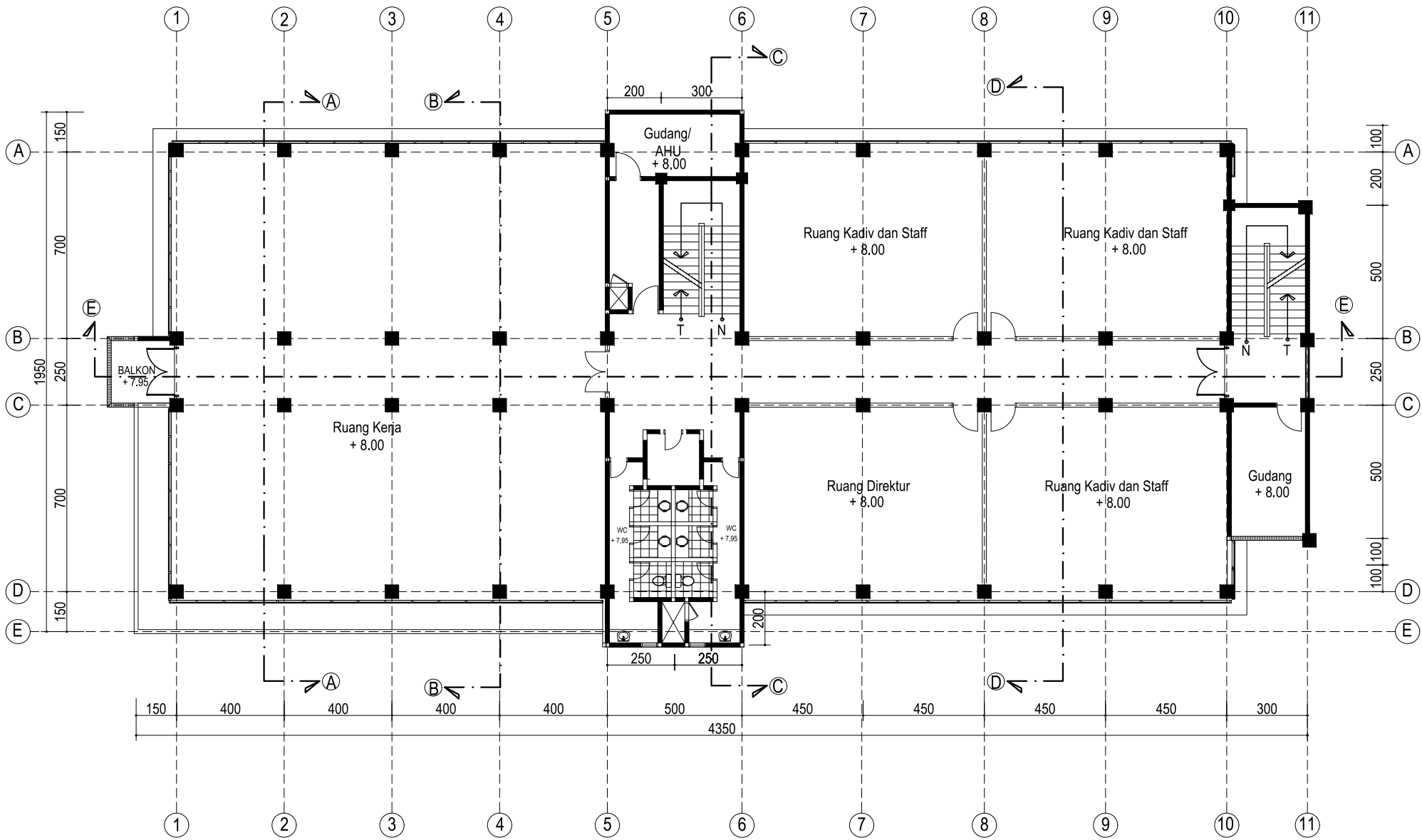
KODE GAMBAR

ARS-03

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

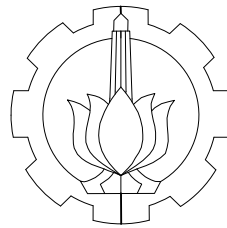
03

40



DENAH RENCANA LANTAI 3
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 4

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

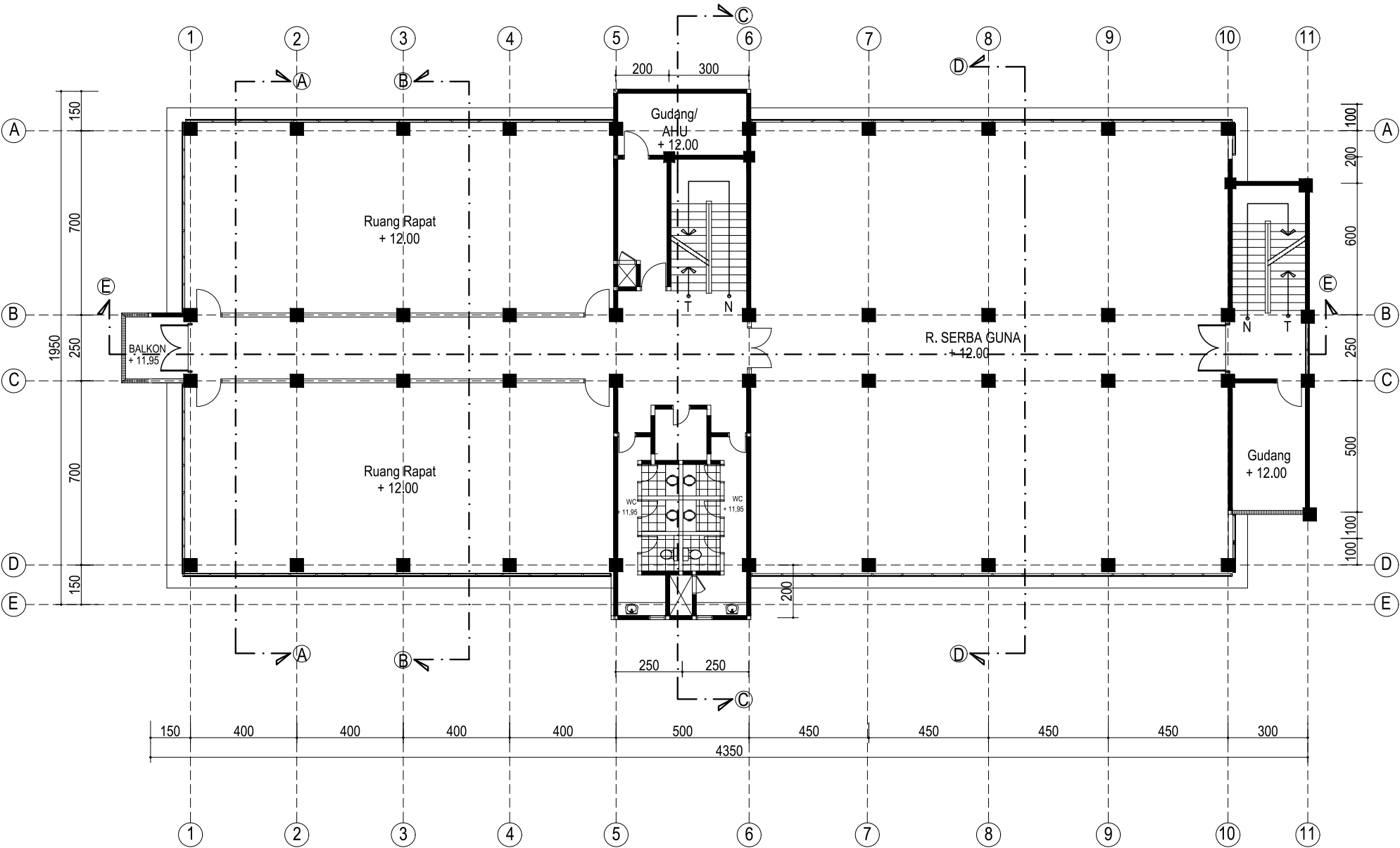
ARS-04

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

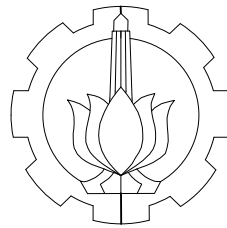
04

40



DENAH RENCANA LANTAI 4
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA LANTAI ATAP

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

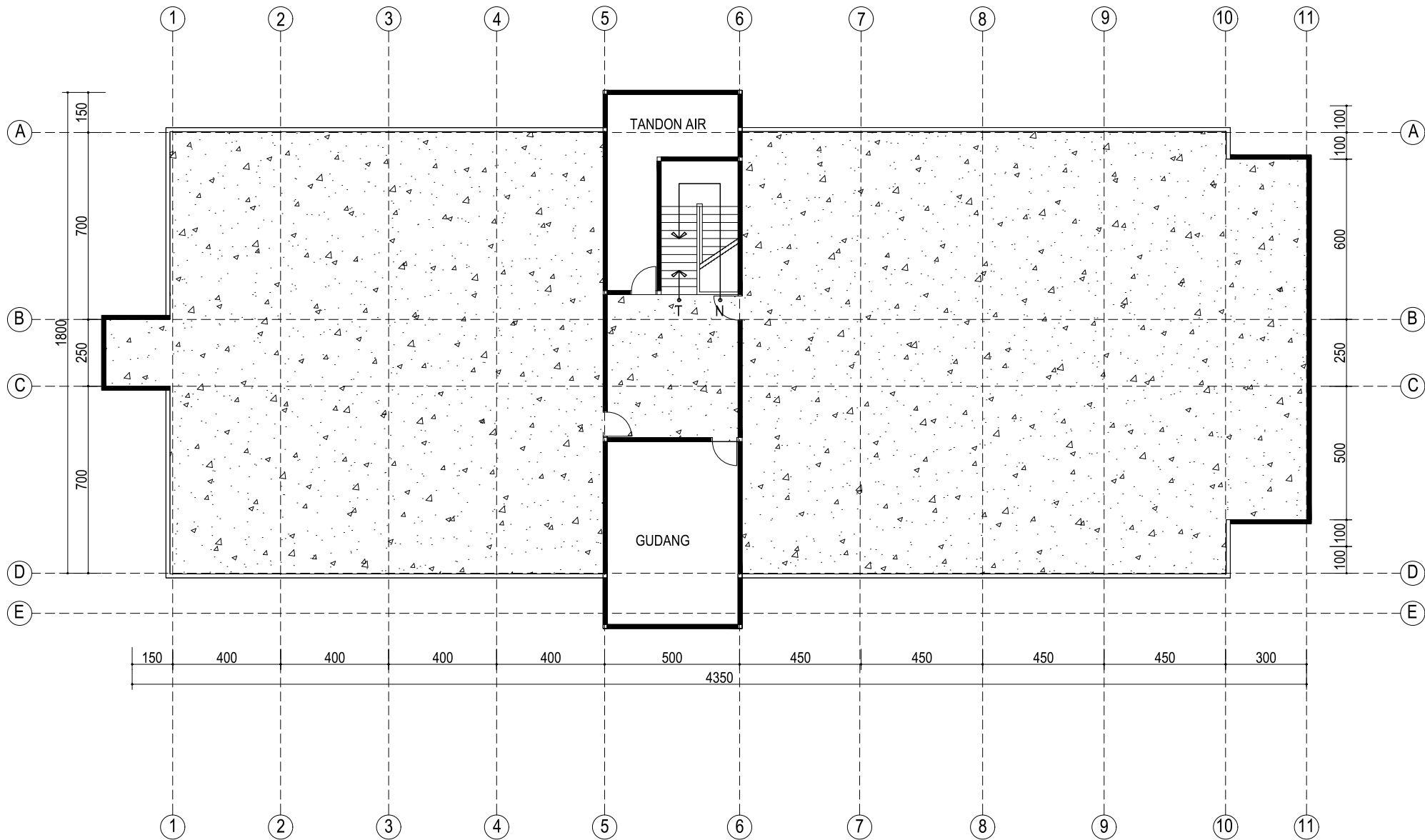
ARS-05

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

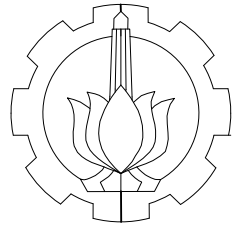
05

40



DENAH RENCANA LANTAI ATAP
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

TAMPAK DEPAN

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

ARS-06

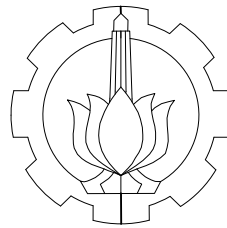
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

06

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

TAMPAK BELAKANG

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

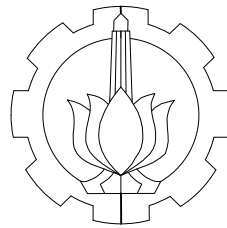
ARS-07

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
07	40



TAMPAK BELAKANG
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

TAMPAK SAMPING KANAN
TAMPAK SAMPING KIRI

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

ARS-08

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

08

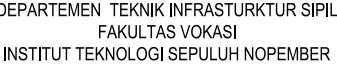
40



TAMPAK SAMPING KANAN
SKALA 1 : 200



TAMPAK SAMPING KIRI
SKALA 1 : 200



PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
1011150000092

POTONGAN A-A

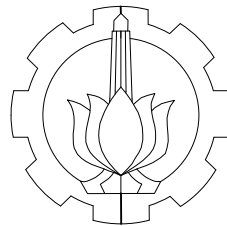
Fungsi Bangunan	: Gedung Perkantoran
Jumlah lantai	: 4
Panjang Bangunan	: 19.5 m
Lebar Bangunan	: 44.5 m
Tinggi Bangunan	: 19 m
Tipe Tanah	: Tanah Sedang
Zona Gempa	: 2
Mutu Bahan	
Baja Tul Lentur fy	: 400 MPa
Baja Tul Geser fy	: 240 MPa
Beton fc'	: 25 MPa

ARS-09

09

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

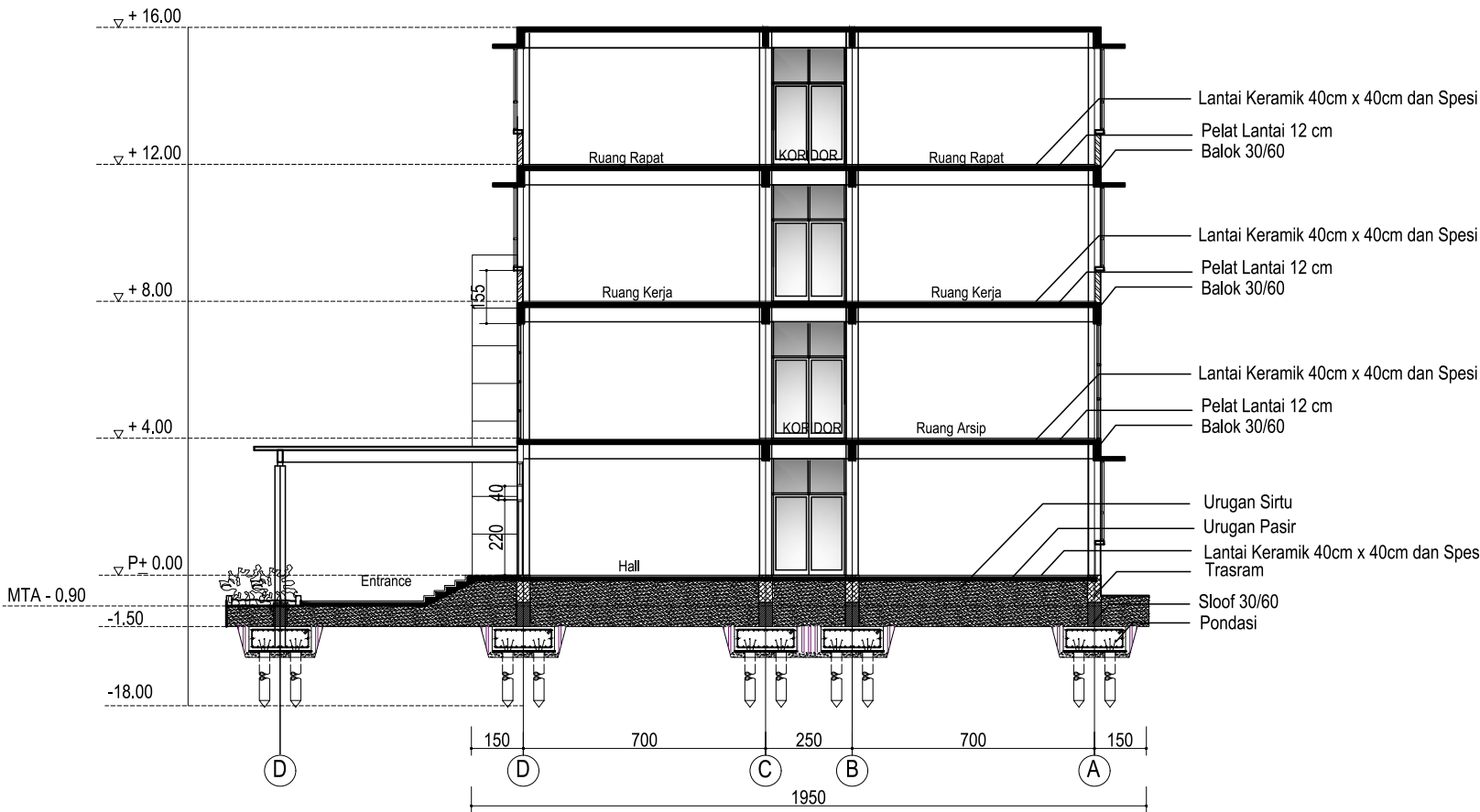
ARS-10

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

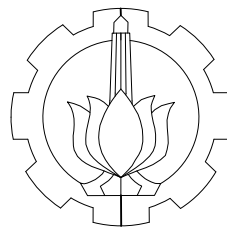
10

40



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

POTONGAN C-C
POTONGAN D-D

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

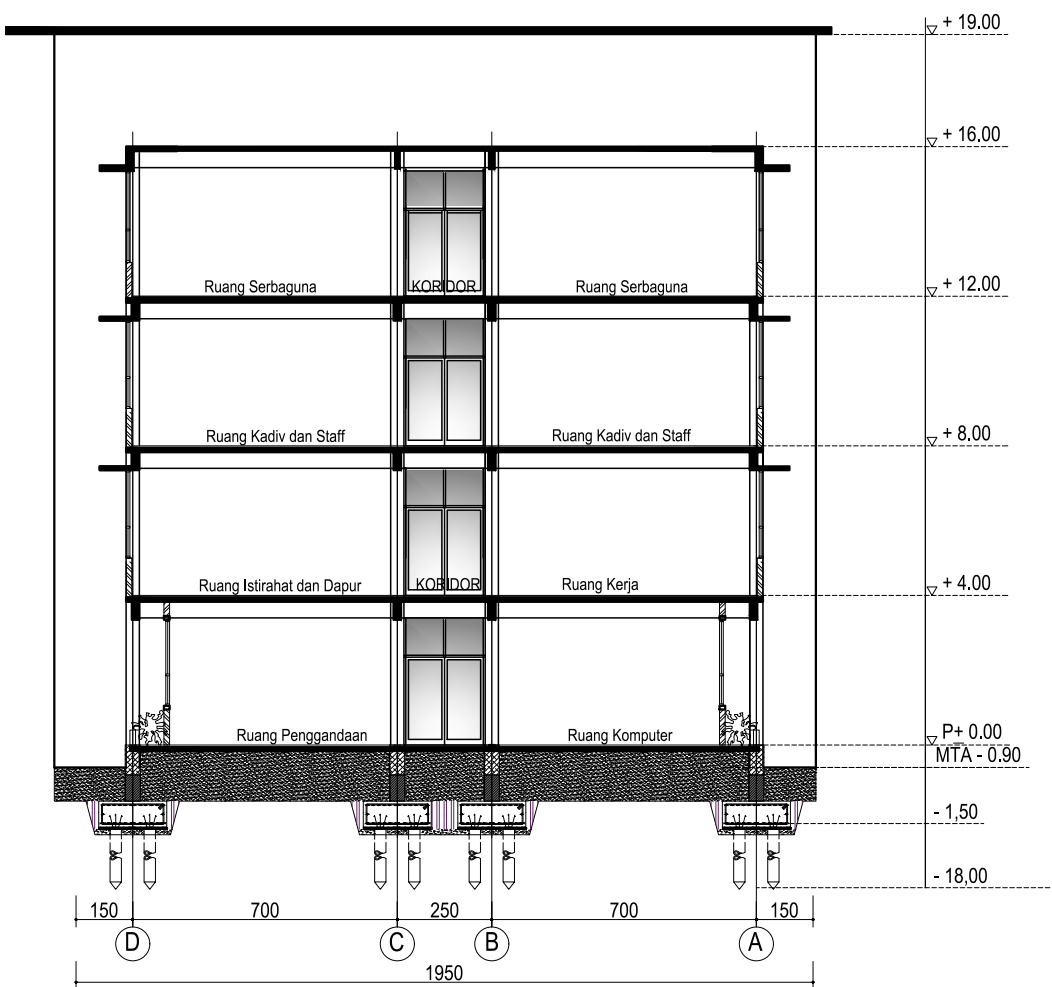
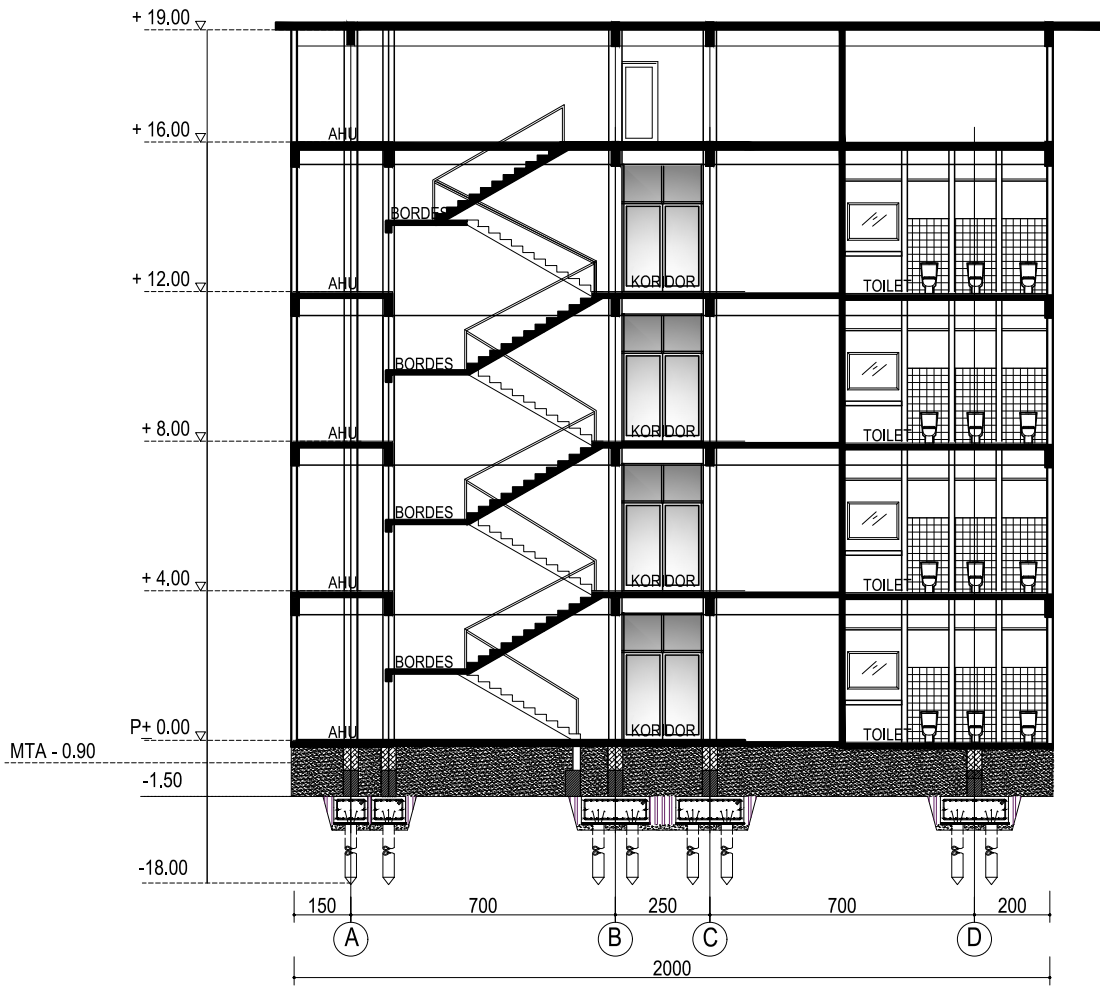
KODE GAMBAR

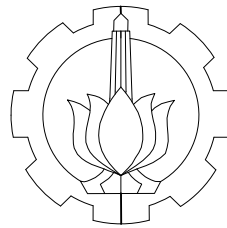
ARS-11

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

11

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

POTONGAN E-E

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

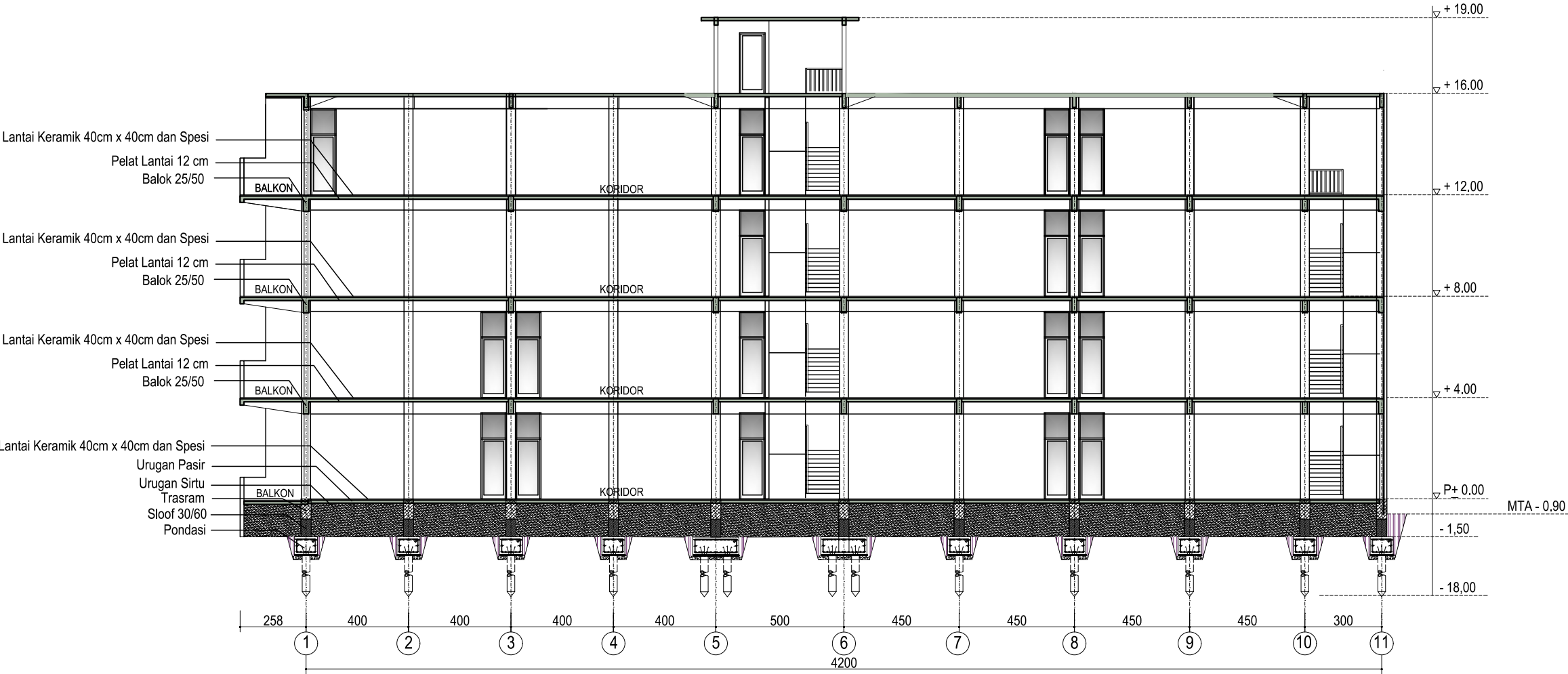
ARS-12

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

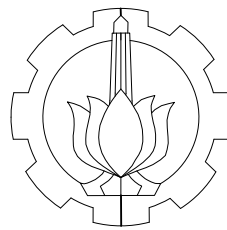
12

40



POTONGAN E-E
SKALA 1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA SLOOF & PONDASI
(ELV. -1.50)

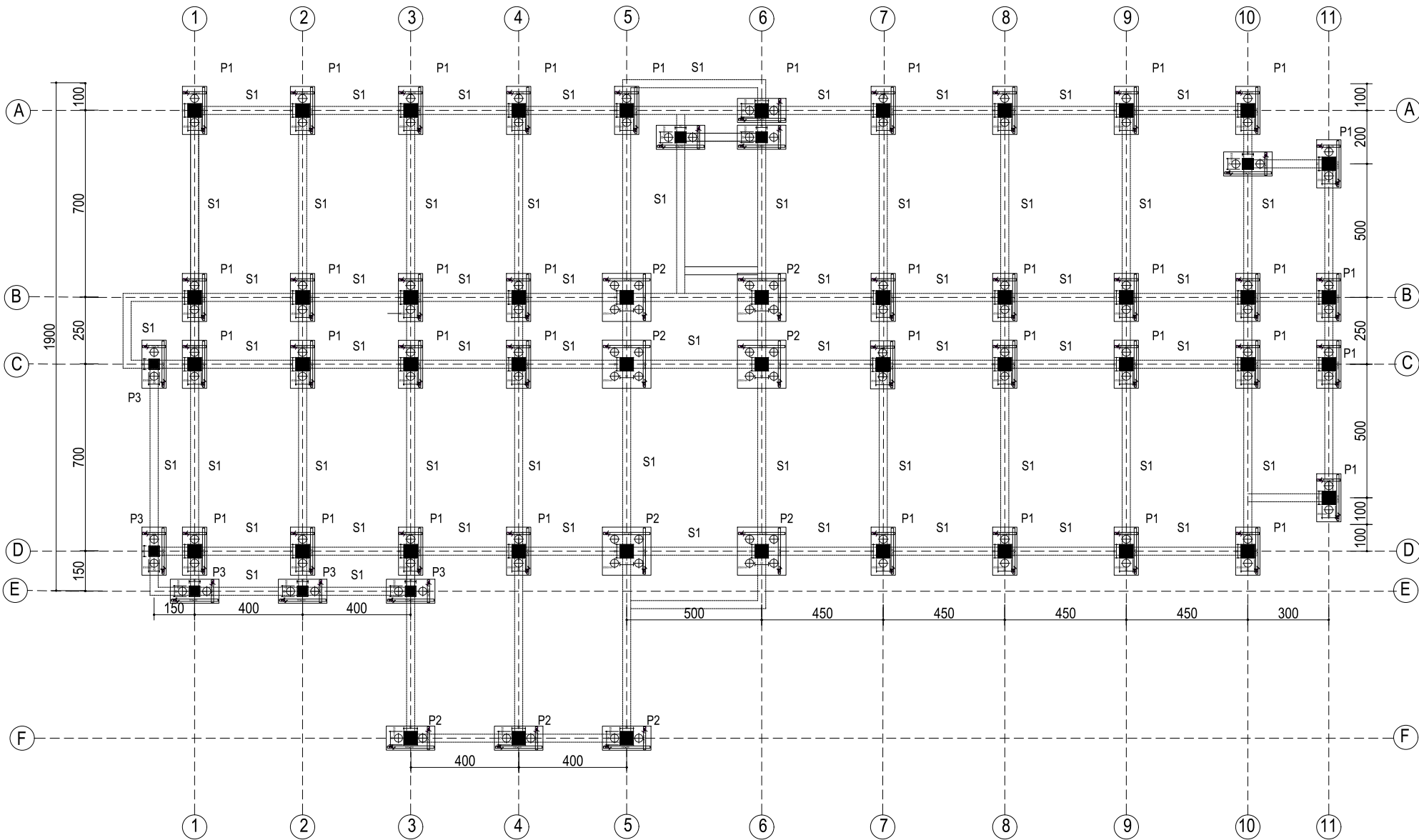
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

STR-01

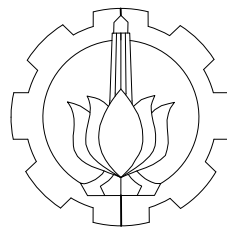
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
13	40



DENAH RENCANA SLOOF & PONDASI (ELV. -1,50)
SKALA 1 : 100



TIPE	KOLOM K1	KOLOM K2
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI	500 x 500	400 x 400
TULANGAN PASANG	8 D22	8 D22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA KOLOM & BALOK
LANTAI 2 (ELV. +4.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

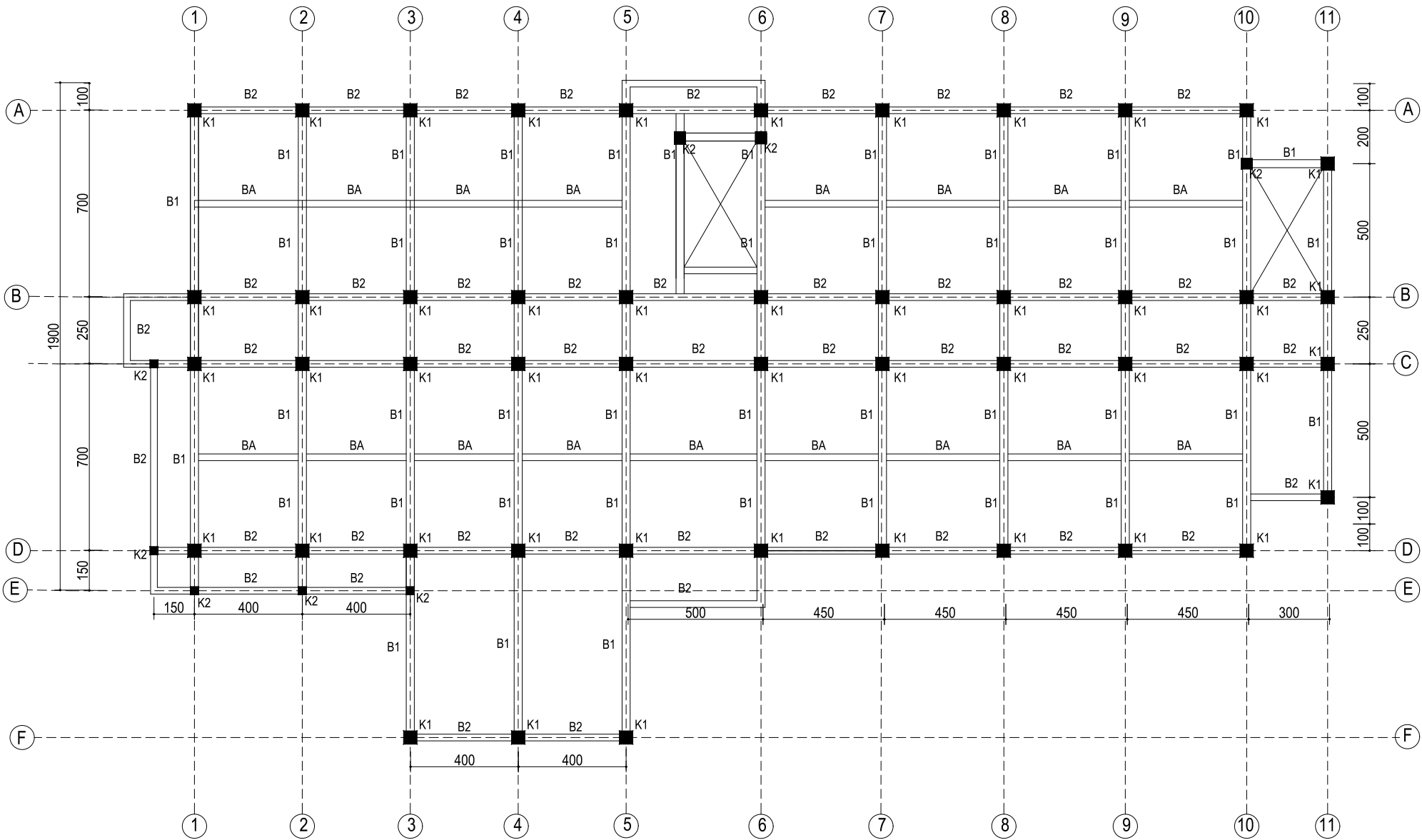
STR-02

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

14

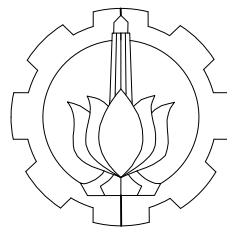
40



DENAH RENCANA KOLOM & BALOK LANTAI 2 (ELV. +4,00)
SKALA 1 : 100



TIPE	KOLOM K1	KOLOM K2
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI	500 x 500	400 x 400
TULANGAN PASANG	8 D22	8 D22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA KOLOM & BALOK
LANTAI 3 (ELV. +8.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentar fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

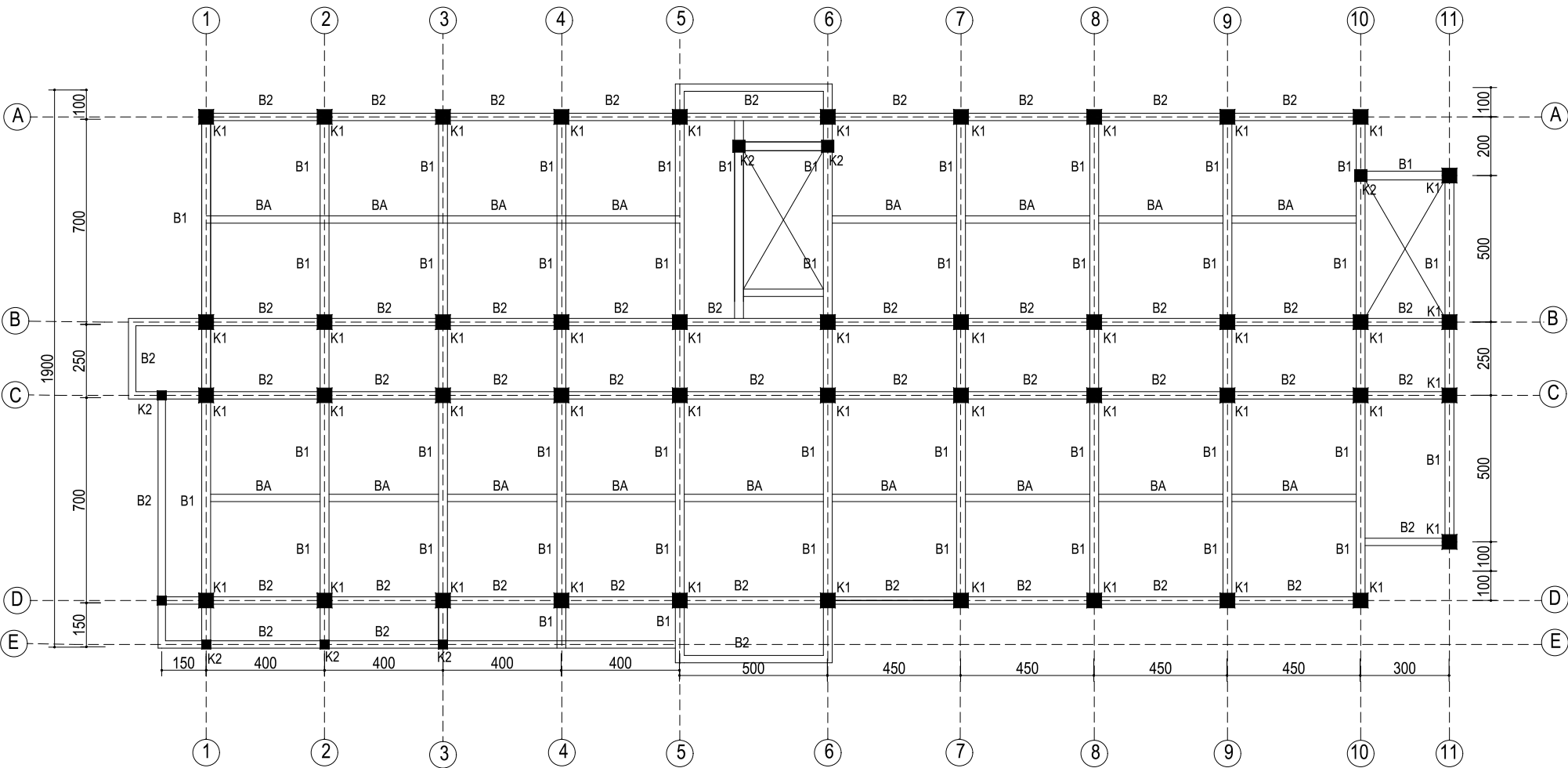
STR-03

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

15

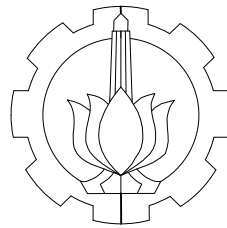
40



DENAH RENCANA BALOK LANTAI 3 (ELV. +8,00)
SKALA 1 : 100



TIPE	KOLOM K1	KOLOM K2
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI	500 x 500	400 x 400
TULANGAN PASANG	8 D22	8 D22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA KOLOM & BALOK
LANTAI 4 (ELV. +12.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

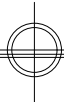
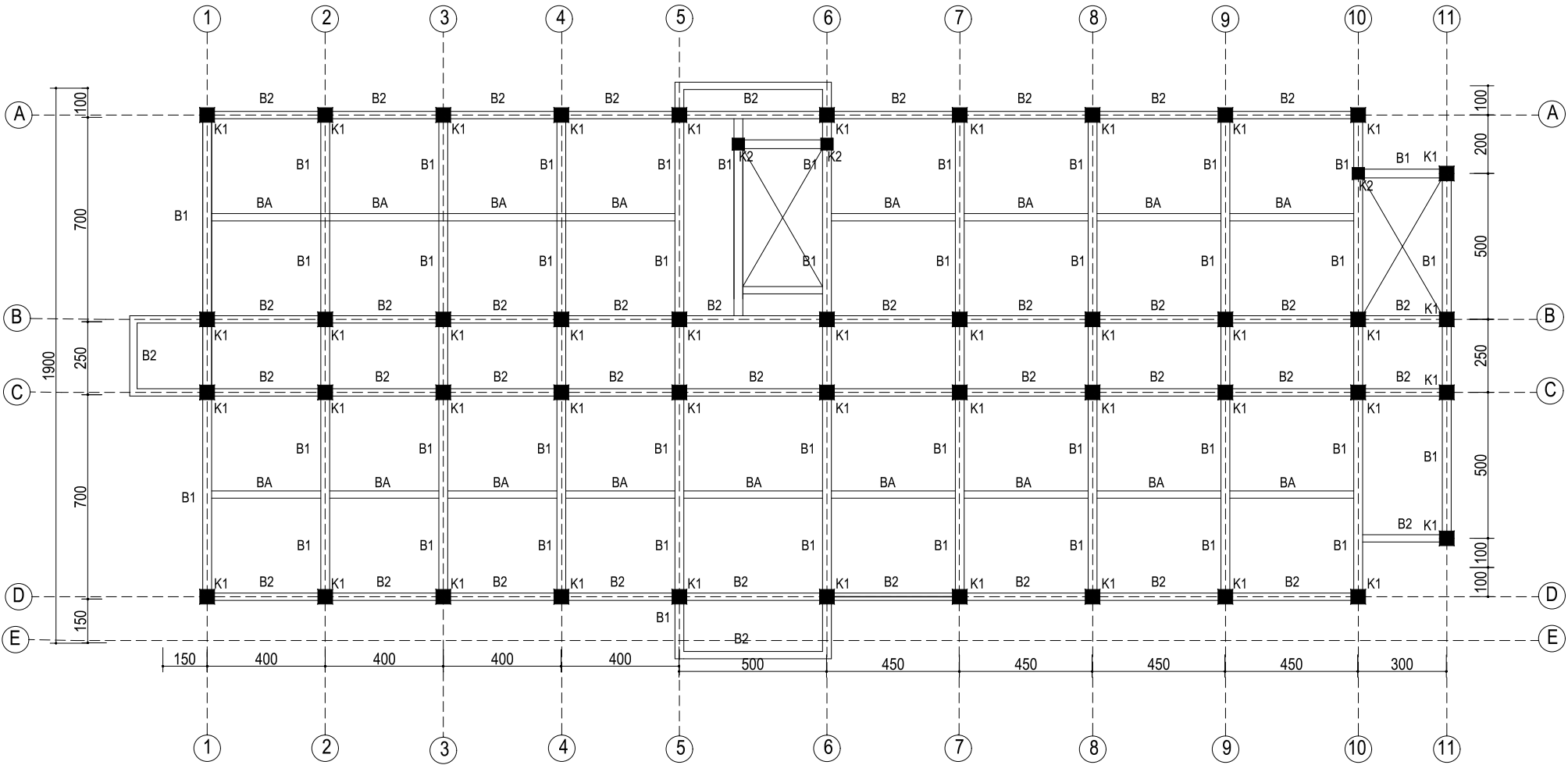
STR-04

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

16

40

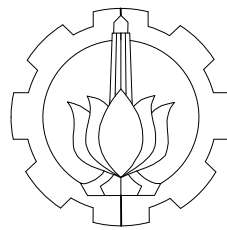


DENAH RENCANA BALOK LANTAI 4 (ELV. +12,00)

SKALA 1 : 100



TIPE	KOLOM K1	KOLOM K2
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI	500 x 500	400 x 400
TULANGAN PASANG	8 D22	8 D22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA KOLOM & BALOK
LANTAI ATAP (ELV. +16.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

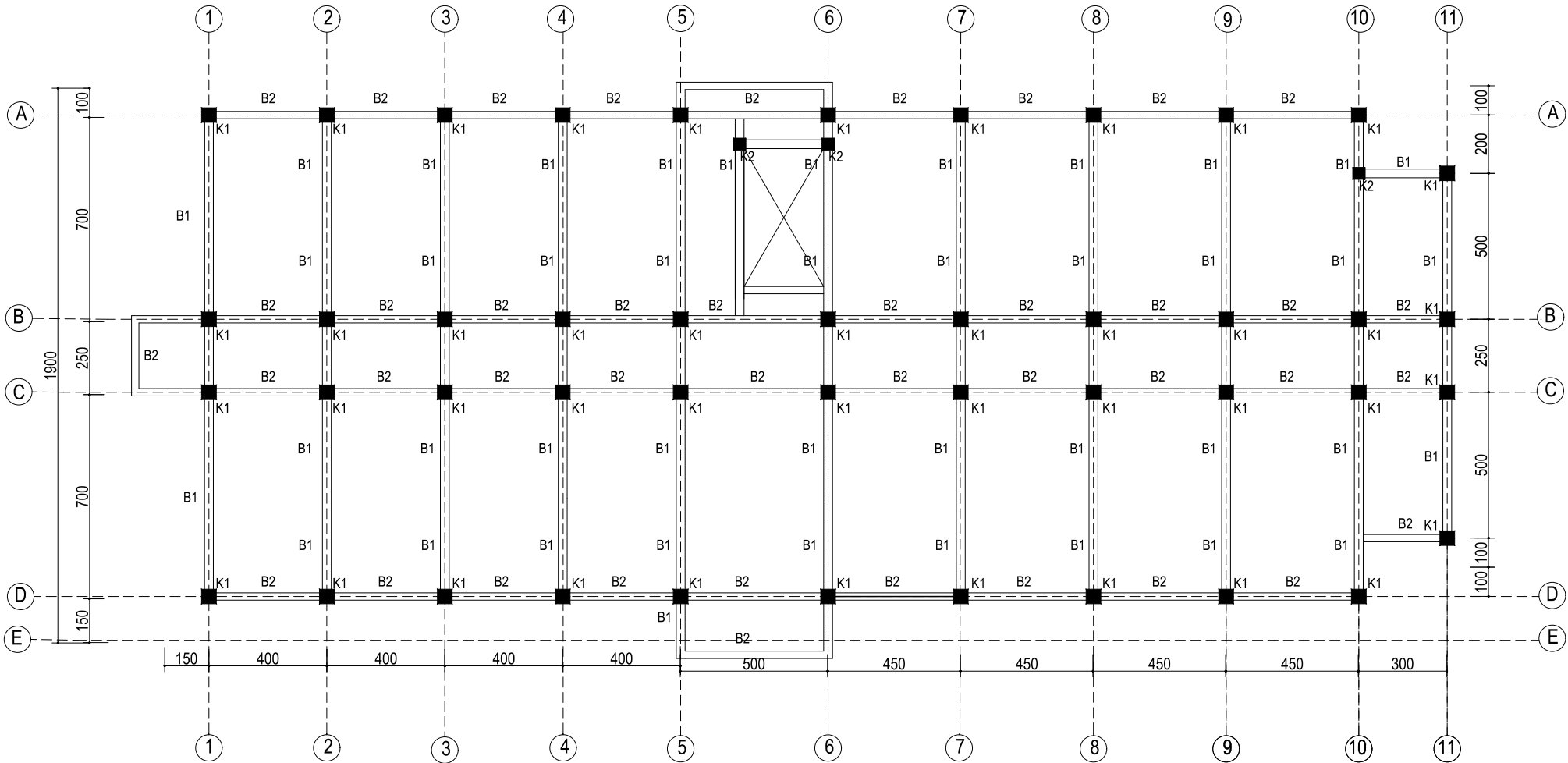
STR-05

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

17

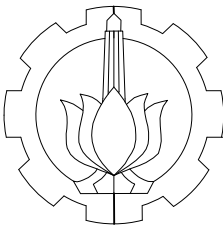
40



DENAH RENCANA BALOK LANTAI ATAP (ELV. +16,00)
SKALA 1 : 100



TIPE	KOLOM K1	KOLOM K2
GAMBAR POTONGAN		
DIMENSI	500 x 500	400 x 400
TULANGAN PASANG	8 D22	8 D22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 100
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

TABEL PENULANGAN BALOK &
SLOOF

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

STR-06

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

18

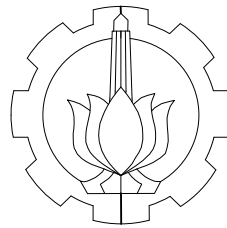
40

TIPE	BALOK B1		BALOK B2	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI	300 x 600	300 x 600	250 x 500	250 x 500
TULANGAN ATAS	4 D22	2 D22	4 D22	2 D22
TULANGAN TENGAH	4 D13	2 D13	2 D13	2 D13
TULANGAN BAWAH	2 D22	3 D22	2 D22	2 D22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm

TIPE	BALOK ANAK		SLOOF	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI	250 x 450	250 x 450	300 x 600	300 x 600
TULANGAN ATAS	3 D22	2 D22	3 D19	2 D19
TULANGAN TENGAH	-	-	4 D13	4 D19
TULANGAN BAWAH	2 D22	3 D22	2 D19	2 D19
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 90	Ø10 - 150	Ø10 - 100	Ø10 - 150
SELIMUT BETON	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm

TABEL PENULANGAN BALOK DAN SLOOF
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA PELAT LANTAI 2
(ELV. +4.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

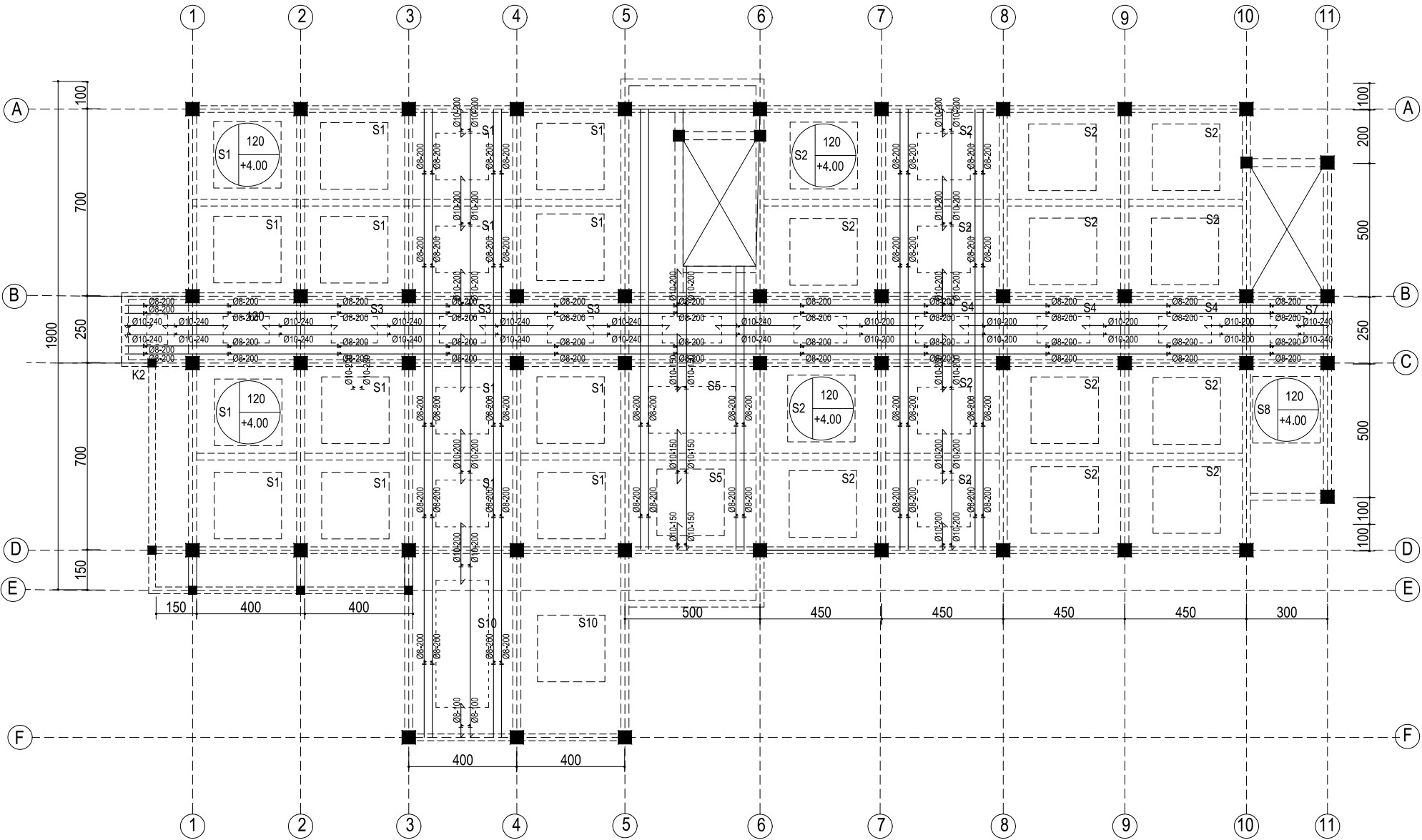
KODE GAMBAR

STR-07

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

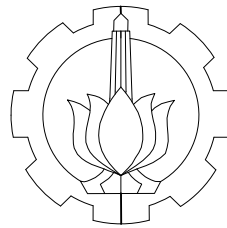
19

40



DENAH RENCANA PELAT LANTAI 2 (ELV. +4,00)
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA PELAT LANTAI 3
(ELV. +8.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

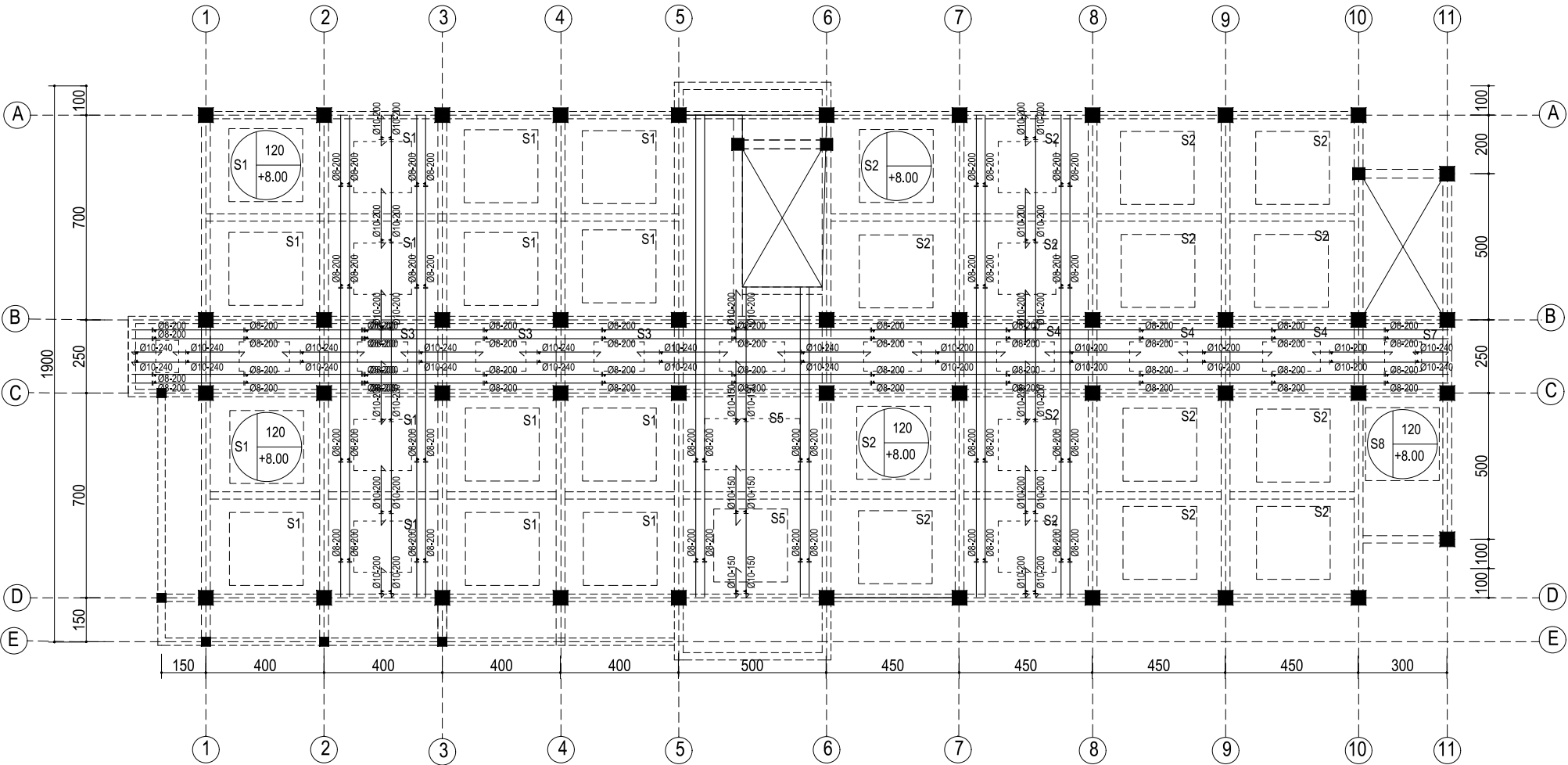
KODE GAMBAR

STR-08

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

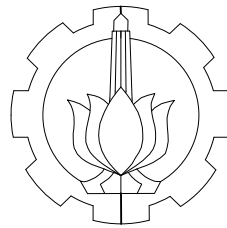
20

40



DENAH RENCANA PELAT LANTAI 3 (ELV. +8,00)
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA PELAT LANTAI 4
(ELV. +12.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

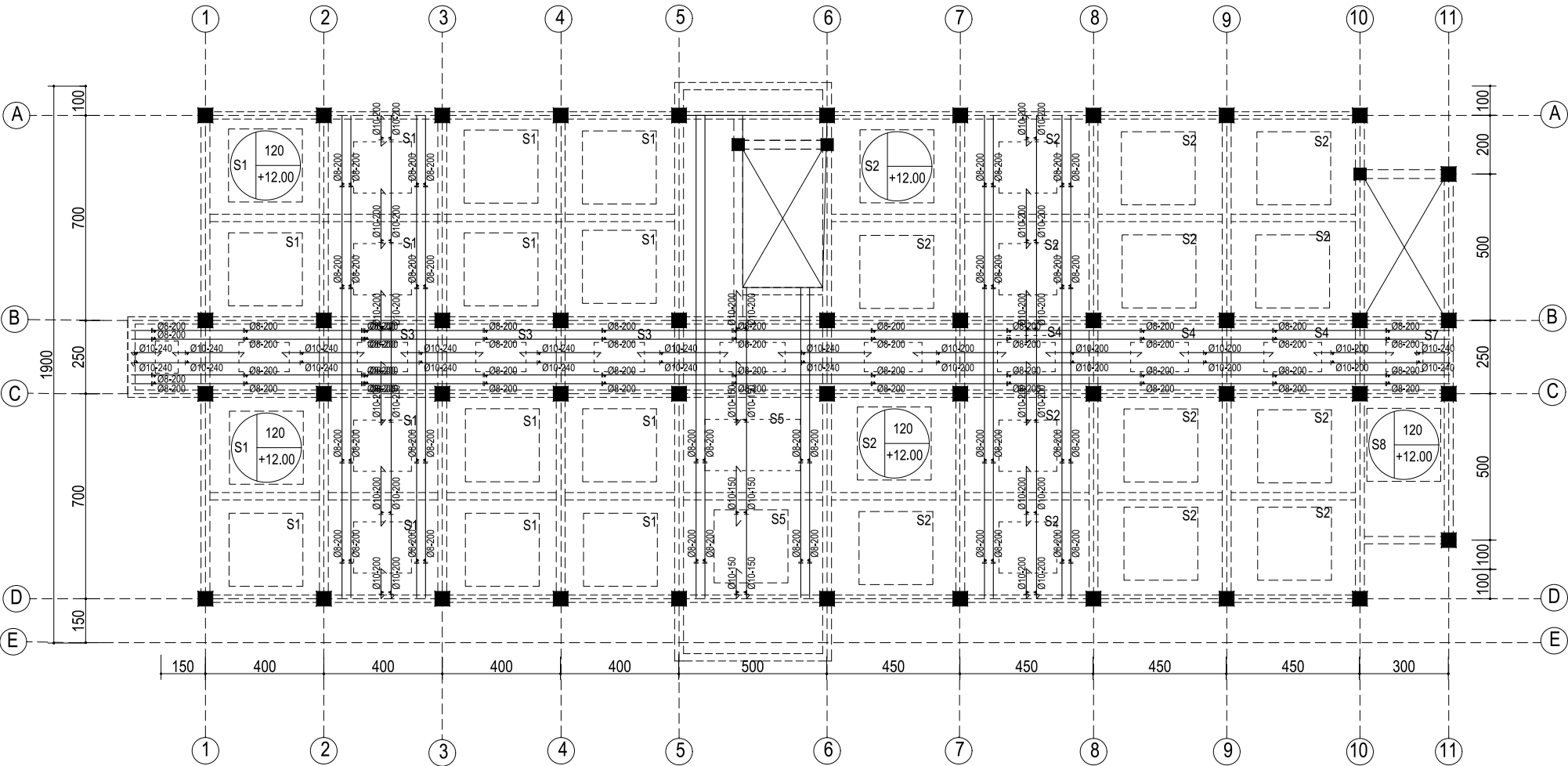
STR-09

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

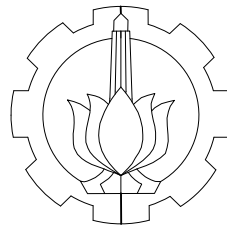
21

40



DENAH RENCANA PELAT LANTAI 4 (ELV. +12,00)
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH RENCANA PELAT LANTAI
ATAP (ELV. +16.00)

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

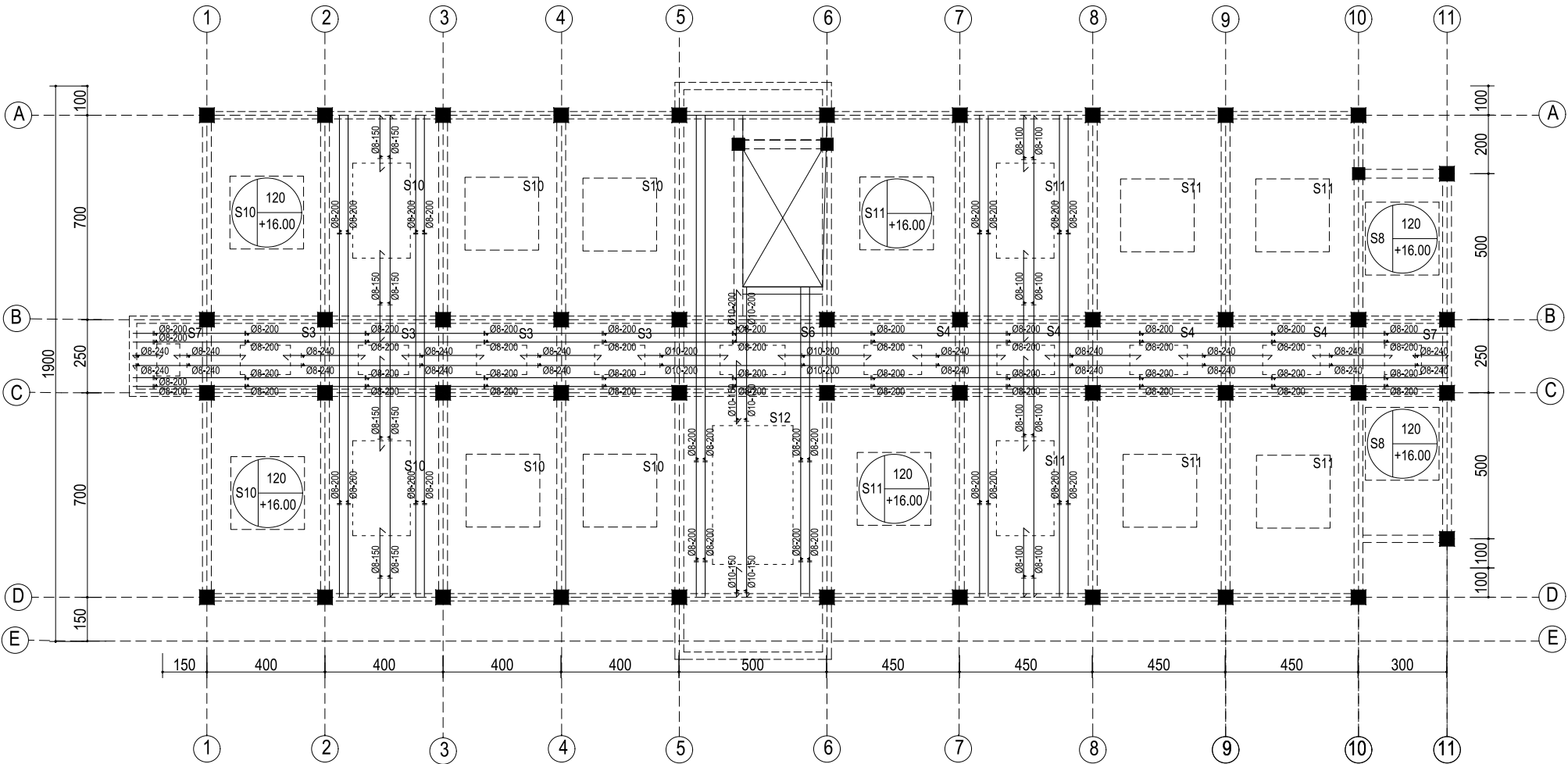
KODE GAMBAR

STR-10

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

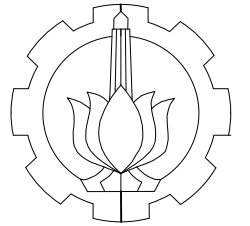
22

40



DENAH RENCANA LOK PELAT LANTAI ATAP (ELV. +16,00)
SKALA 1 : 100





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE
S2

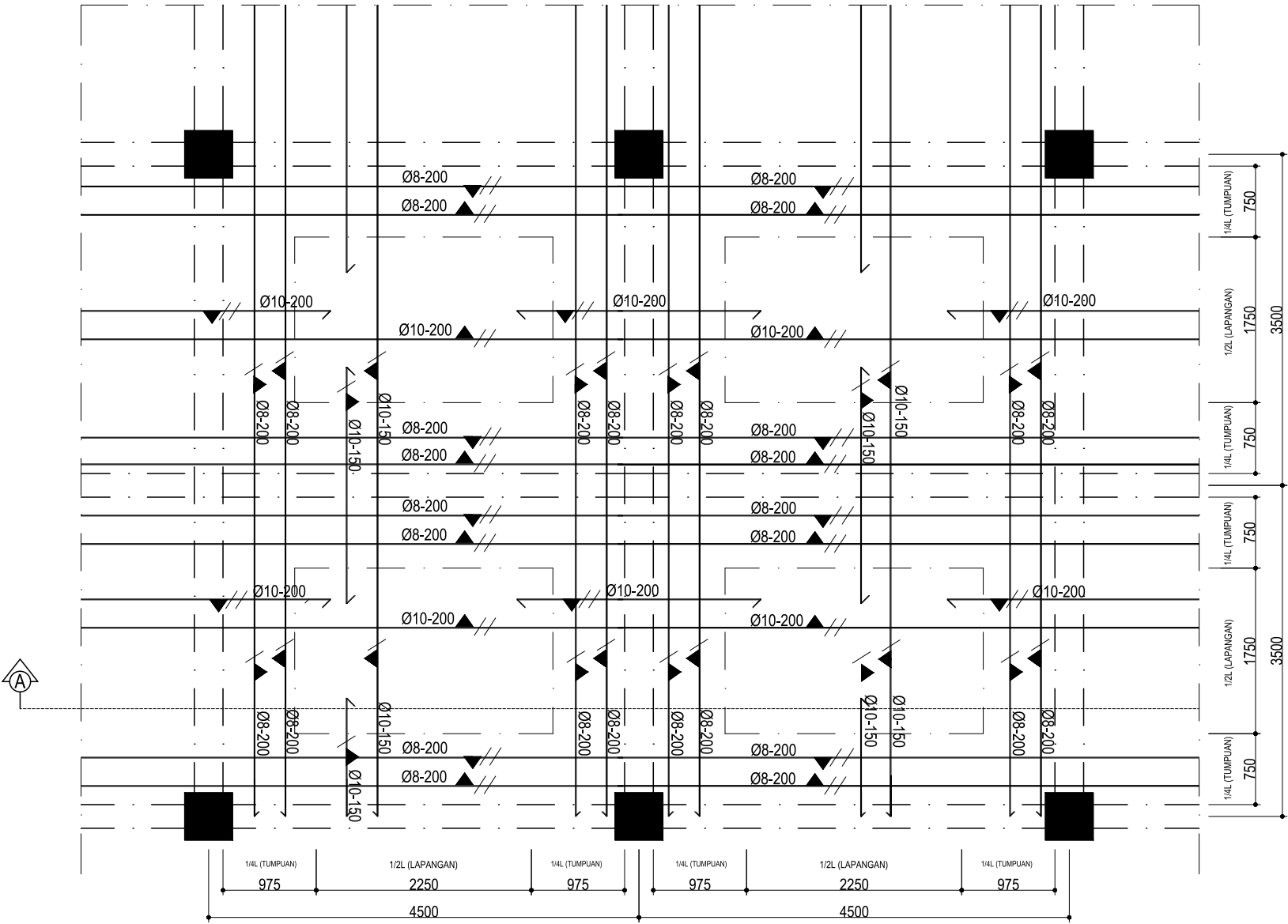
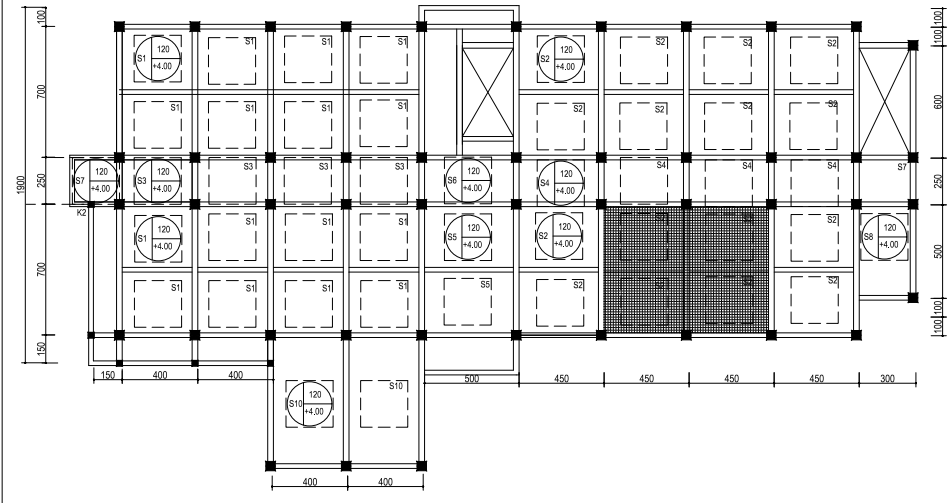
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

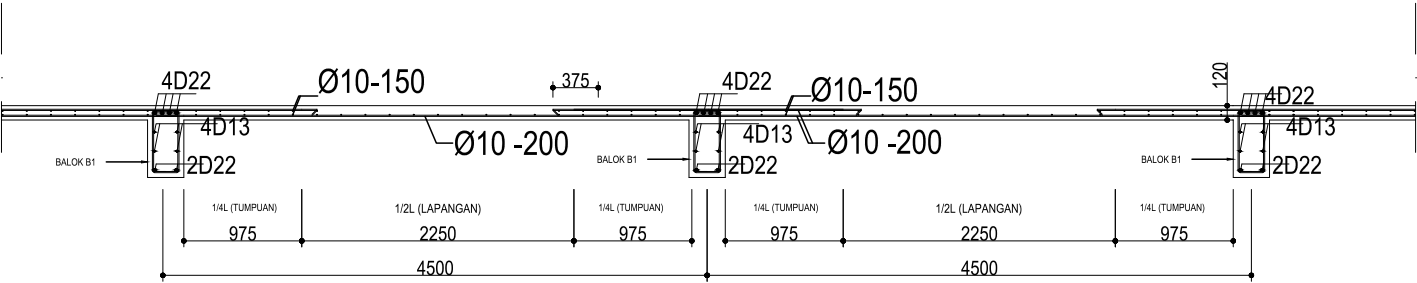
STR-11

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
23	40



DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI S2

SKALA 1 : 50

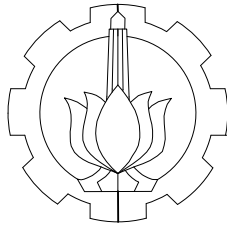


POTONGAN PLAT LANTAI S2

SKALA 1 : 50

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 07





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE
S6

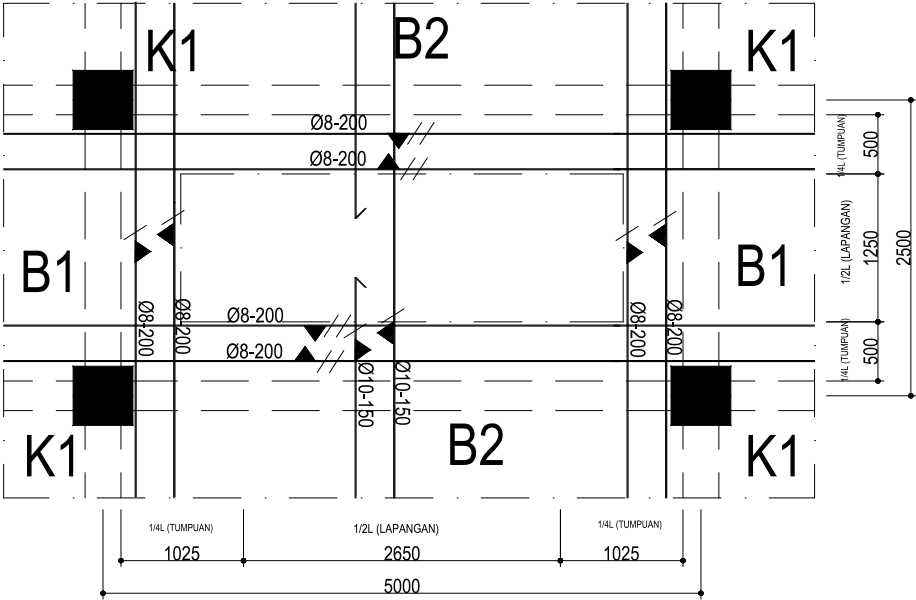
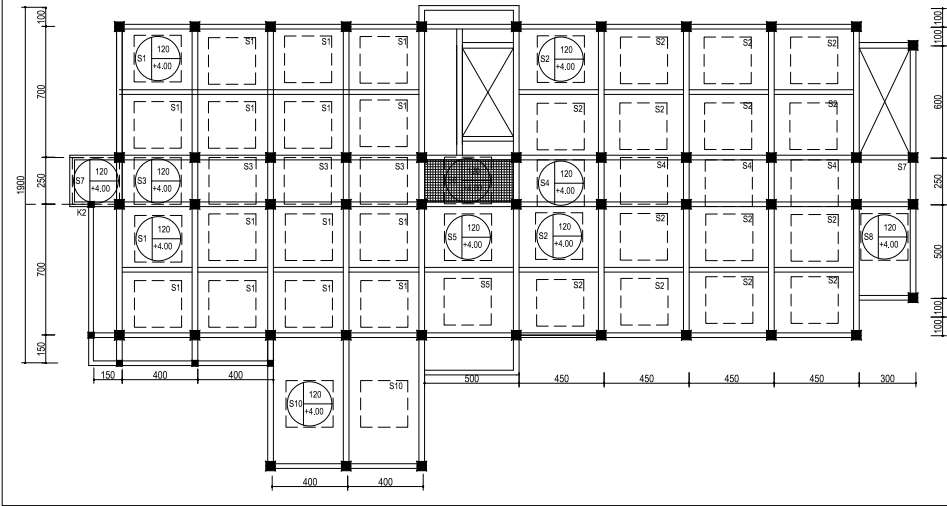
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

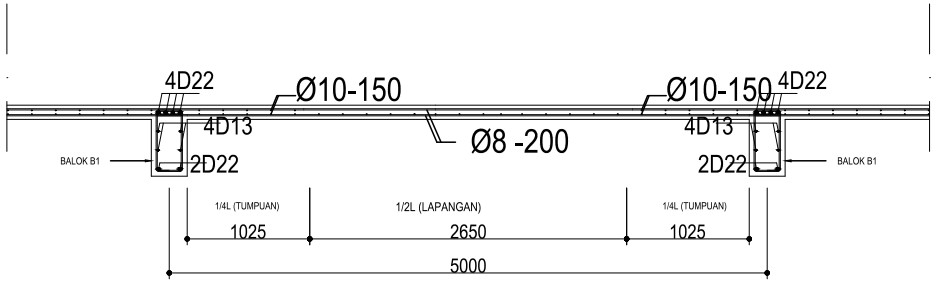
STR-12

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
24	40



DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI S6

SKALA 1 : 50

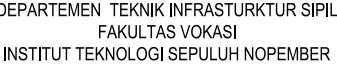


POTONGAN PLAT LANTAI S6

SKALA 1 : 50

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 07





PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
1011150000092

DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE S7

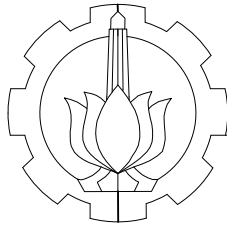
Fungsi Bangunan	: Gedung Perkantoran
Jumlah lantai	: 4
Panjang Bangunan	: 19.5 m
Lebar Bangunan	: 44.5 m
Tinggi Bangunan	: 19 m
Jenis Tanah	: Tanah Sedang
Zona Gempa	: 2
Mutu Bahan	
-Baja Tul Lentur fy	: 400 MPa
-Baja Tul Geser fy	: 240 MPa
-Beton fc'	: 25 MPa

STR-13

25

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE
S8

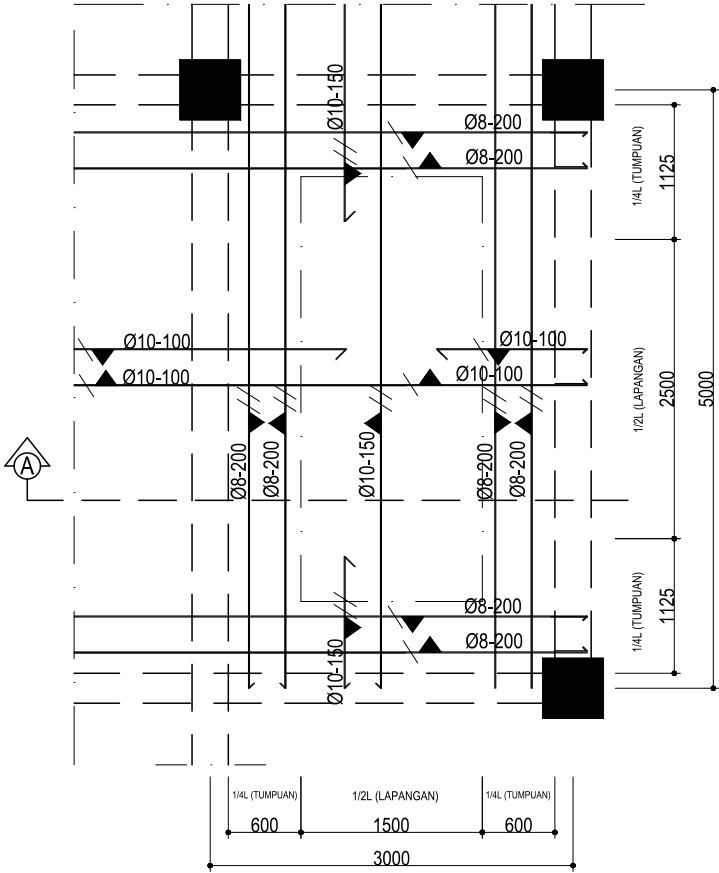
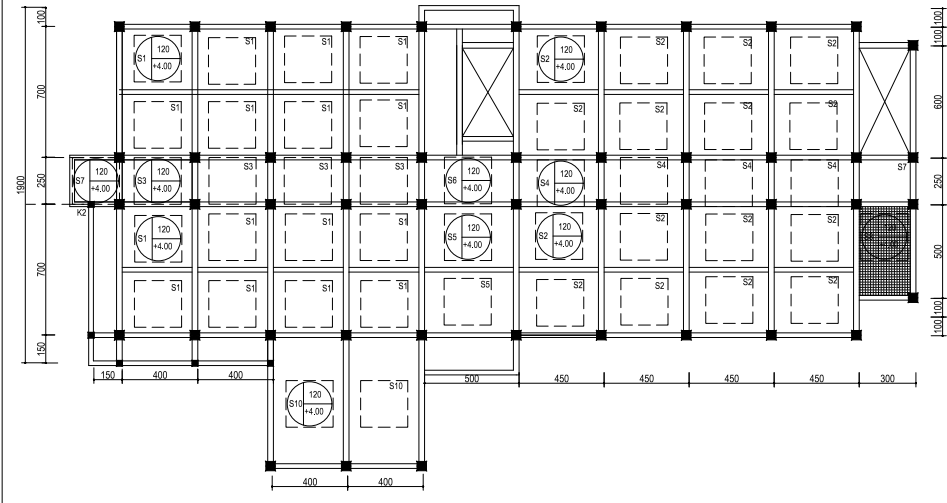
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

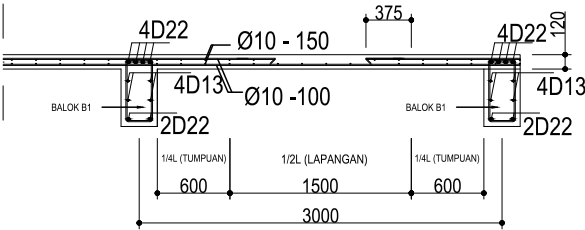
KODE GAMBAR

STR-14

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
26	40



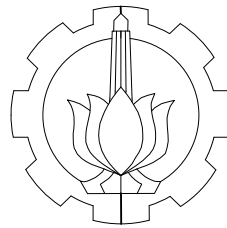
DETAIL PENULANGAN PLAT LANTAI S8
SKALA 1 : 50



POTONGAN PLAT LANTAI S8
SKALA 1 : 50

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 07





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DENAH TANGGA

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

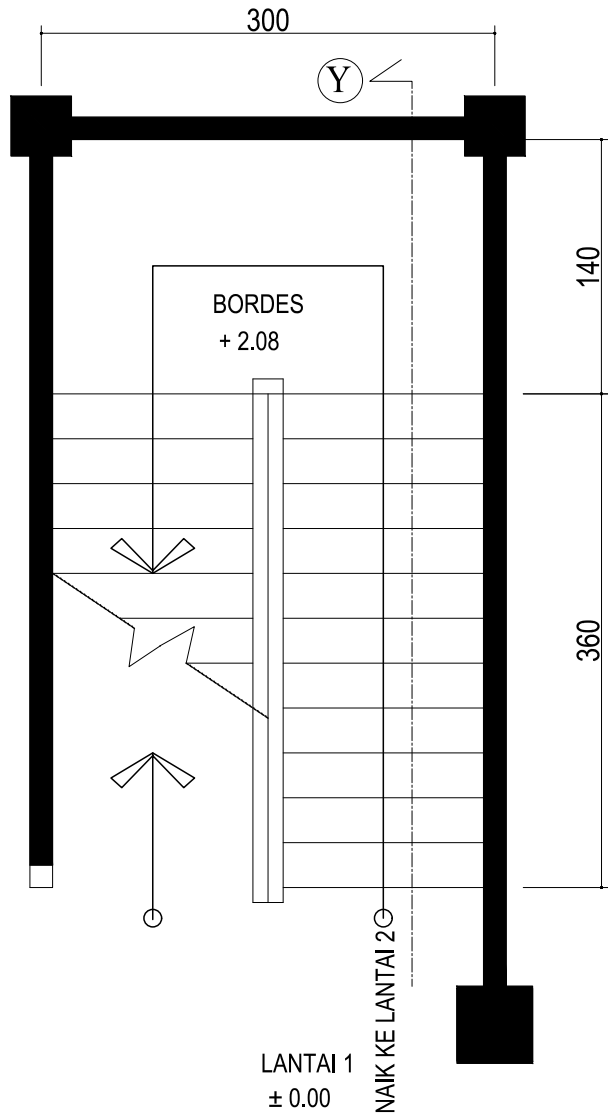
STR-15

NO. GAMBAR

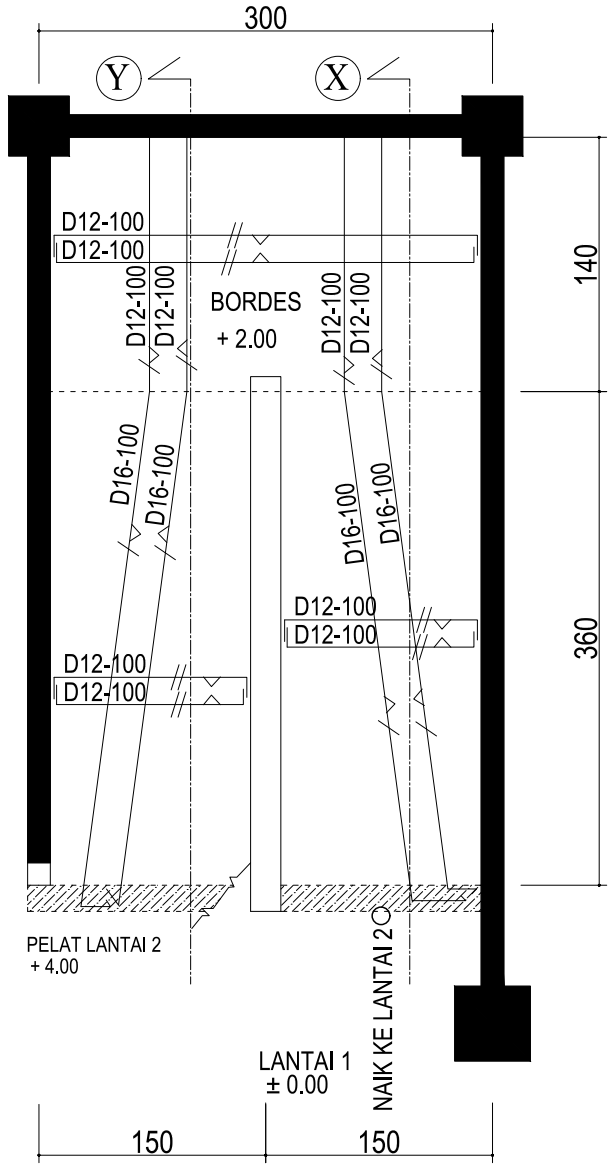
JML. GAMBAR

27

40

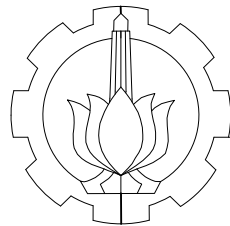


DENAH TANGGA LANTAI 1
SKALA 1 : 25



PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 25





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

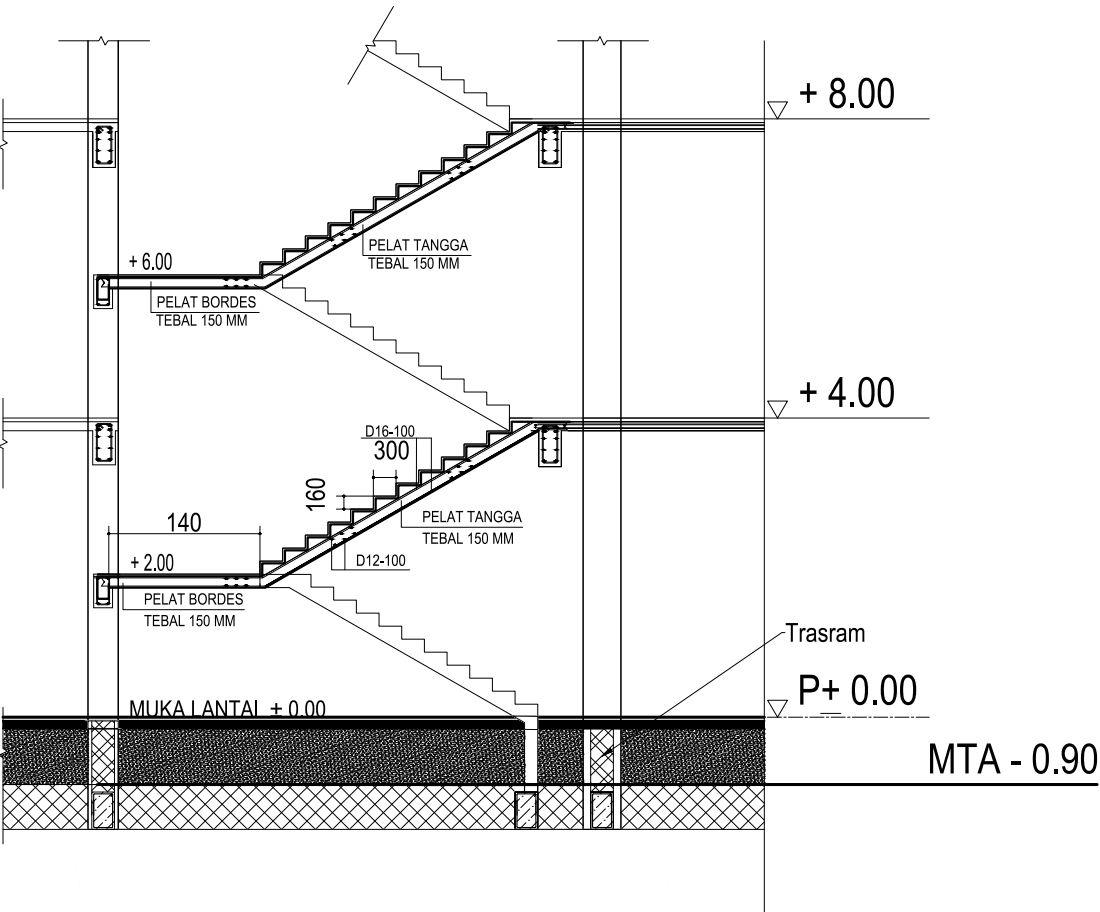
STR-16

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

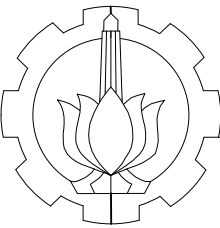
28

40



POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

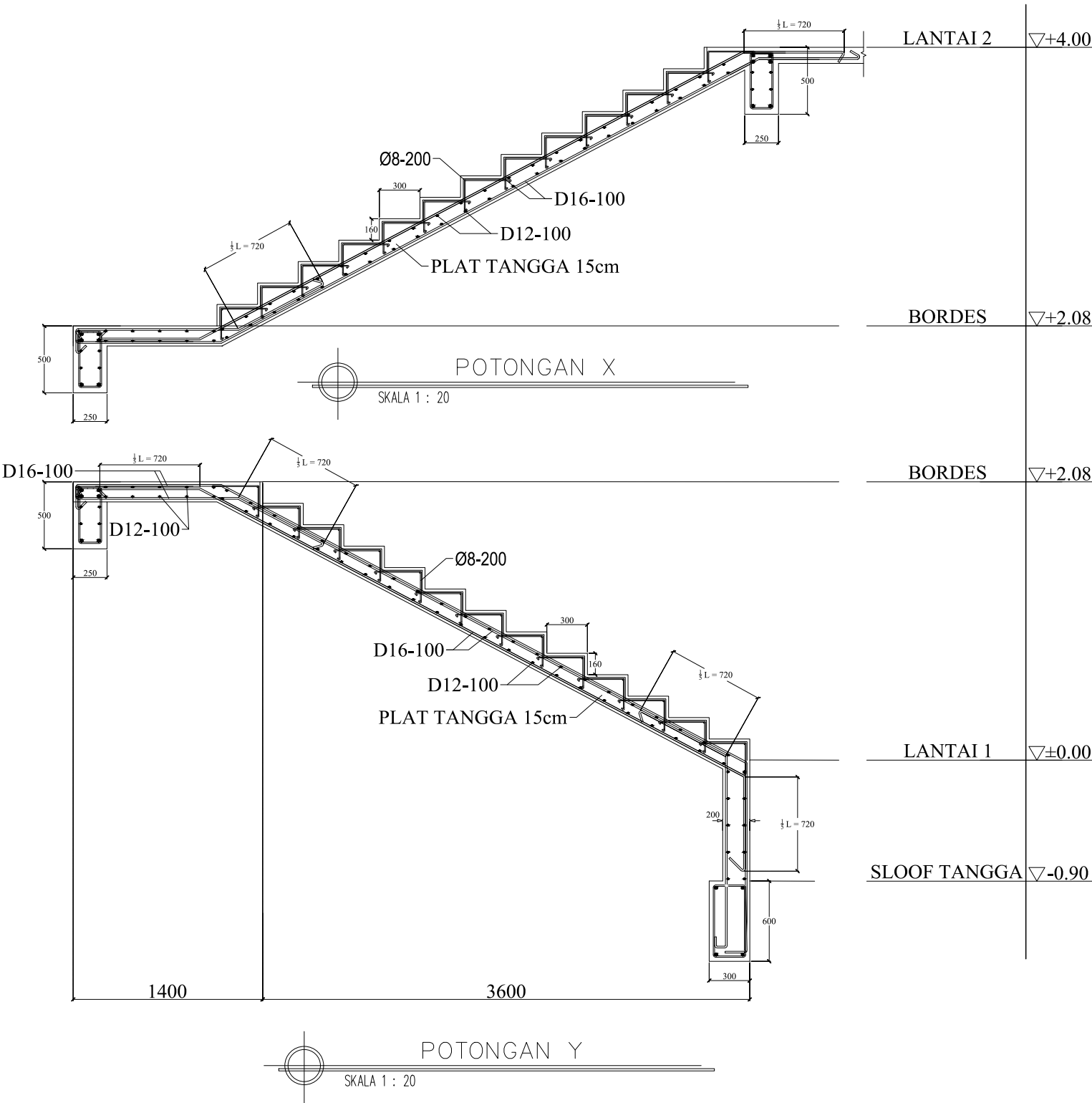
STR-17

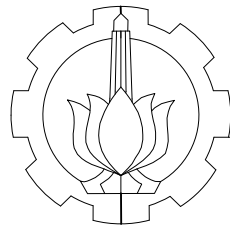
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

29

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL POTONGAN TANGGA

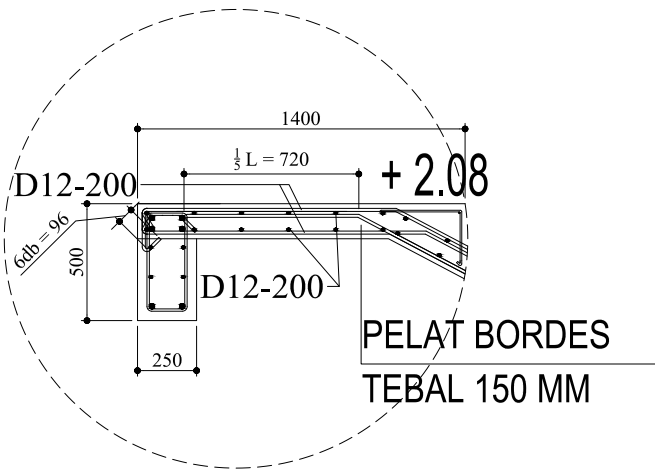
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

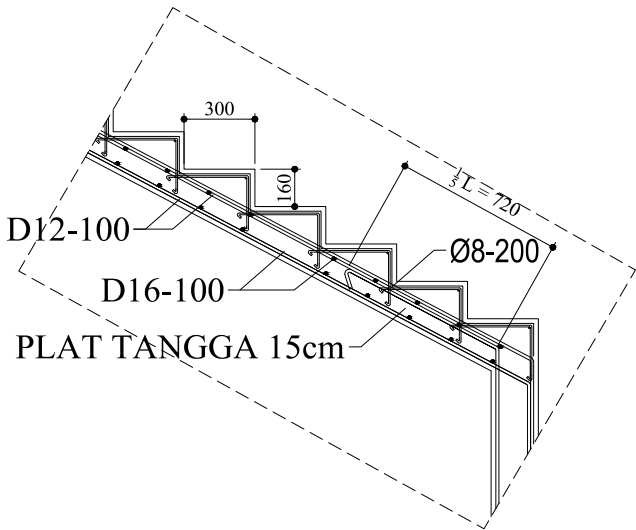
KODE GAMBAR

STR-18

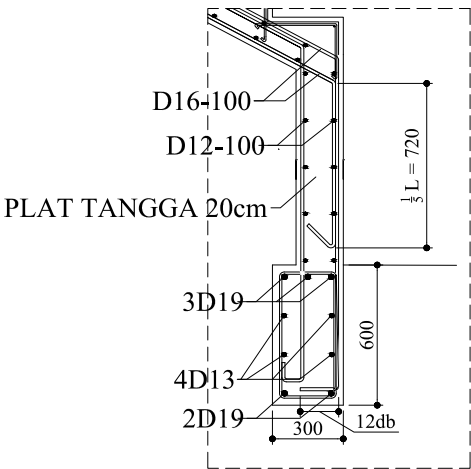
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
30	40



DETAIL T1
SKALA 1 : 20



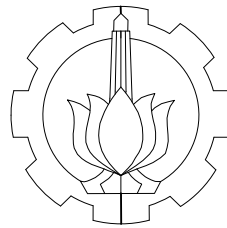
DETAIL T2
SKALA 1 : 20



DETAIL T3
SKALA 1 : 20

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 17





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

PORTAL AS 6

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

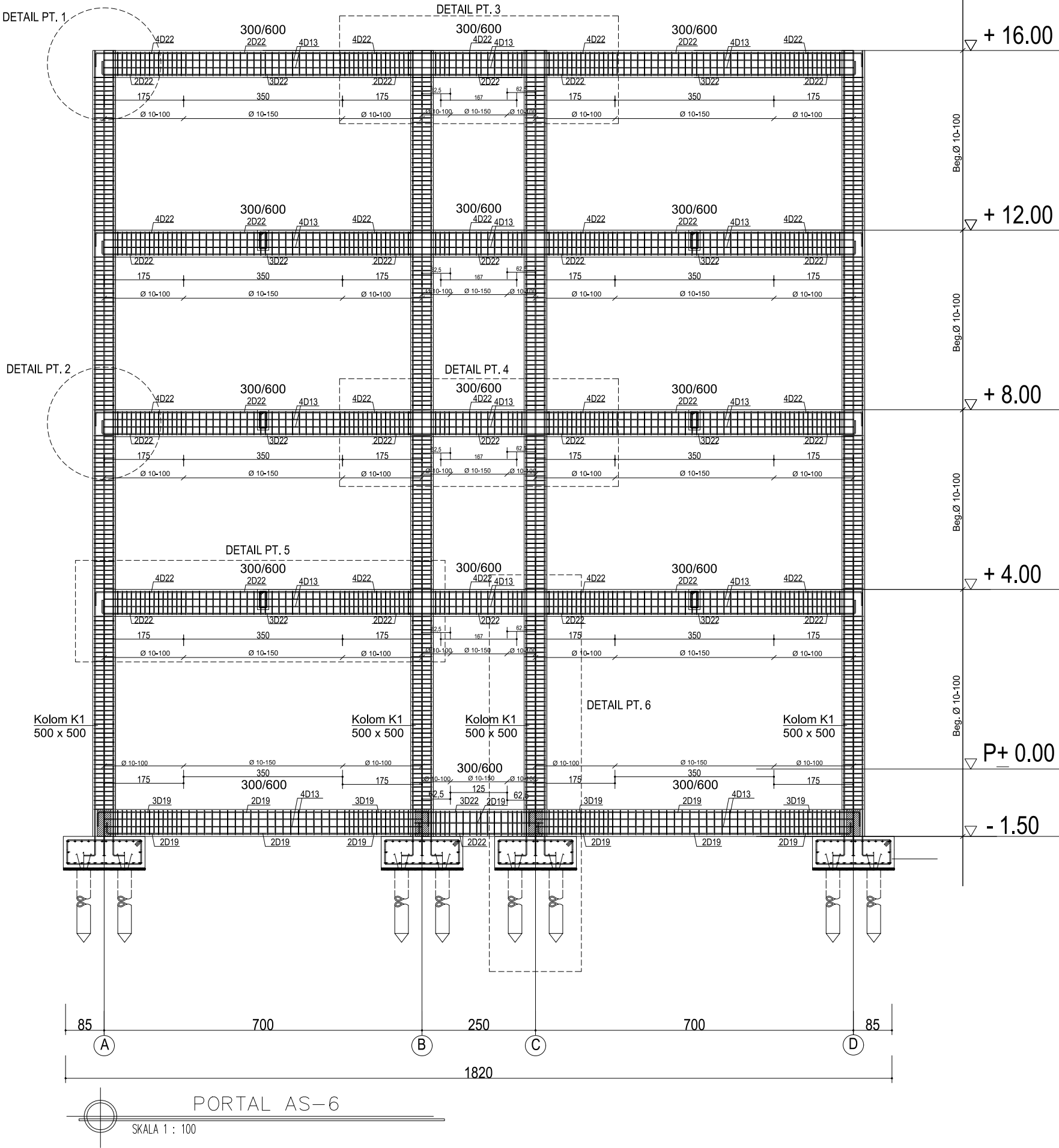
STR-19

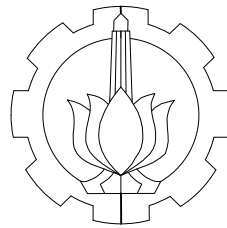
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

31

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

PORTAL AS-B

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

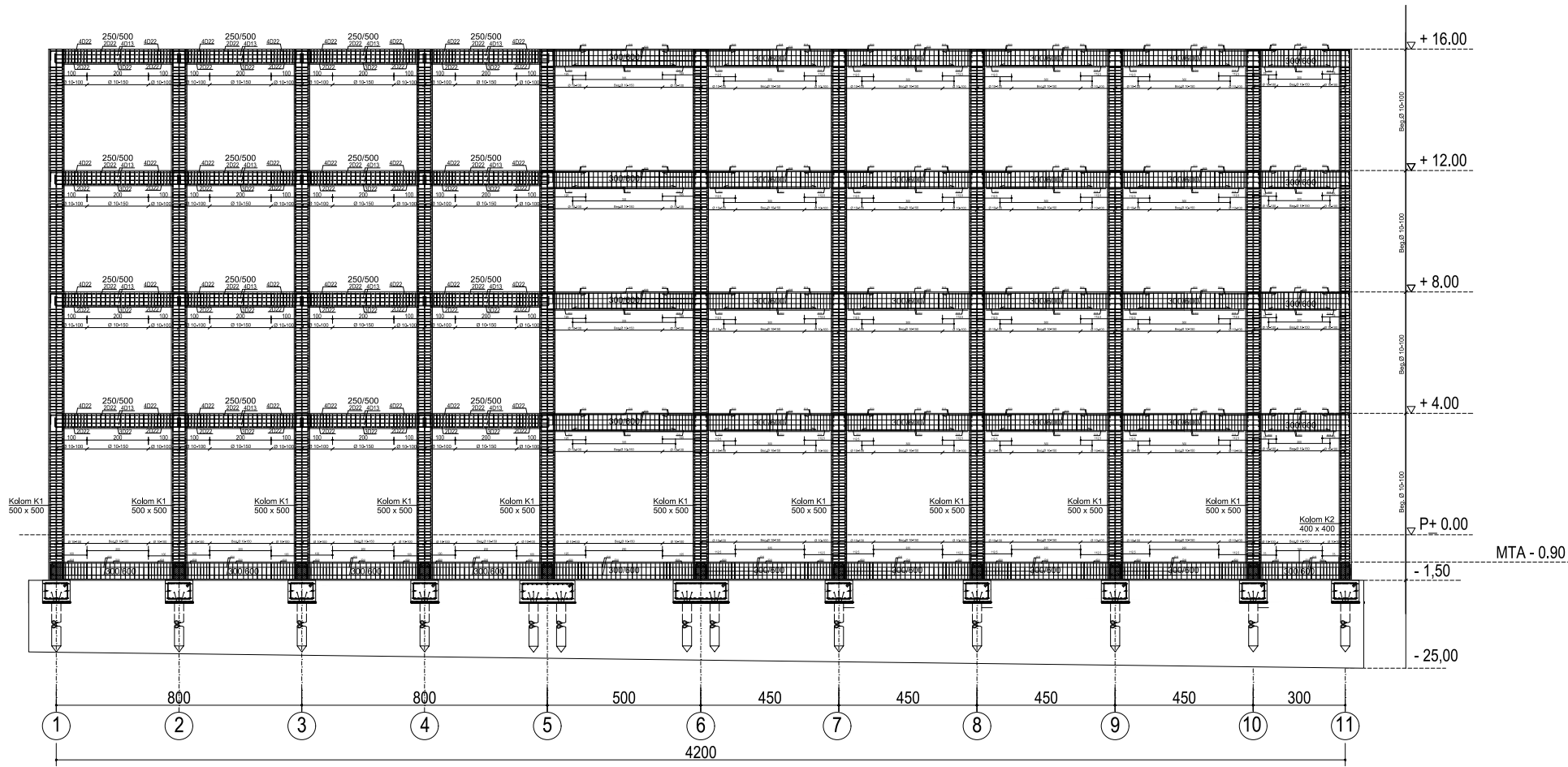
STR-20

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

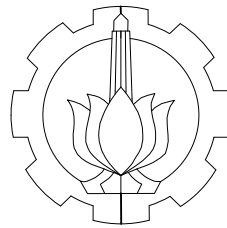
32

40



PORTAL MEMANJANG AS-B
SKALA 1 : 200





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL AS-6

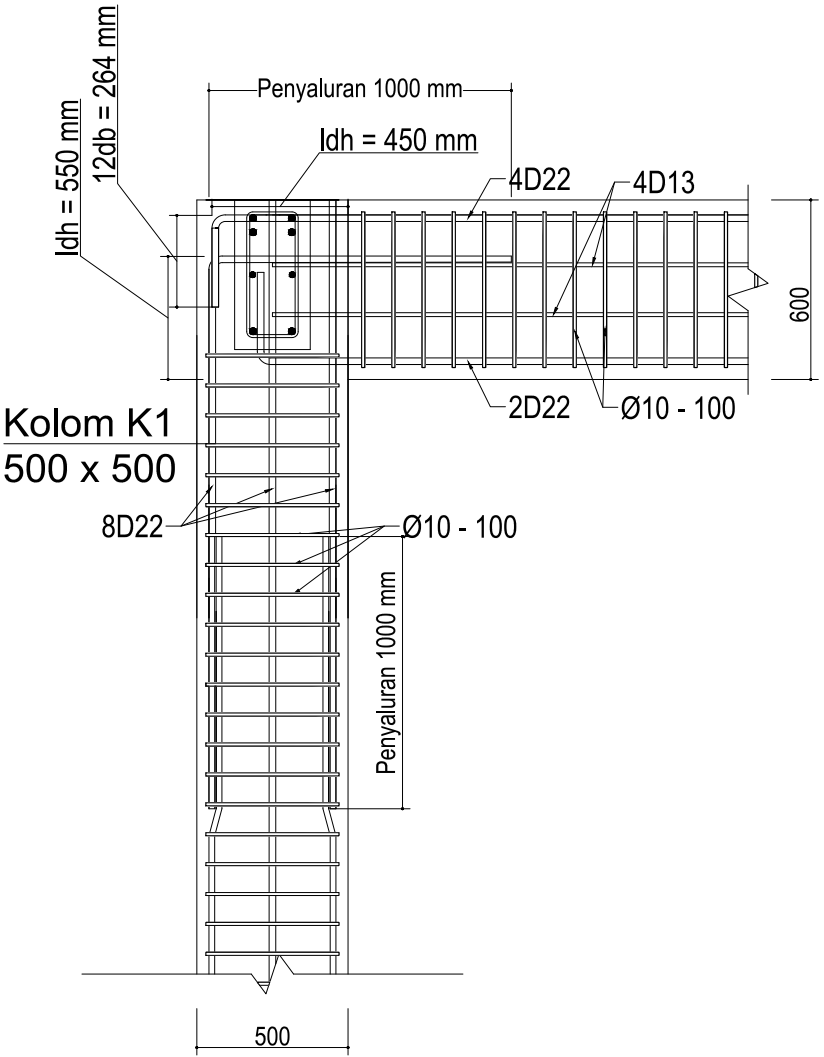
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

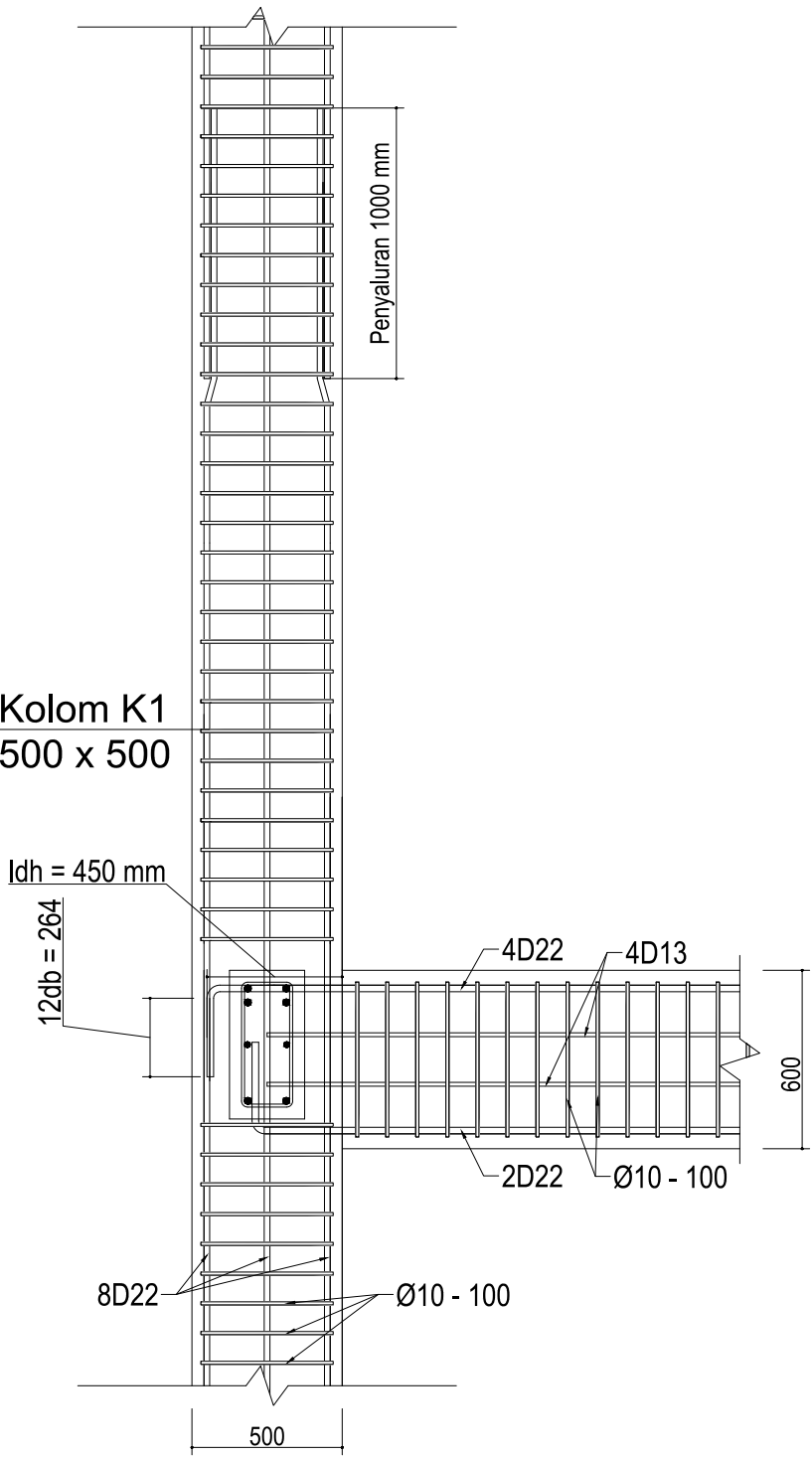
KODE GAMBAR

STR-21

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
33	40



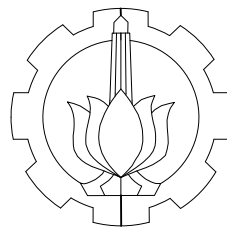
DETAIL PT. 1
SKALA 1 : 25



DETAIL PT. 2
SKALA 1 : 25

NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 19





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL AS-6

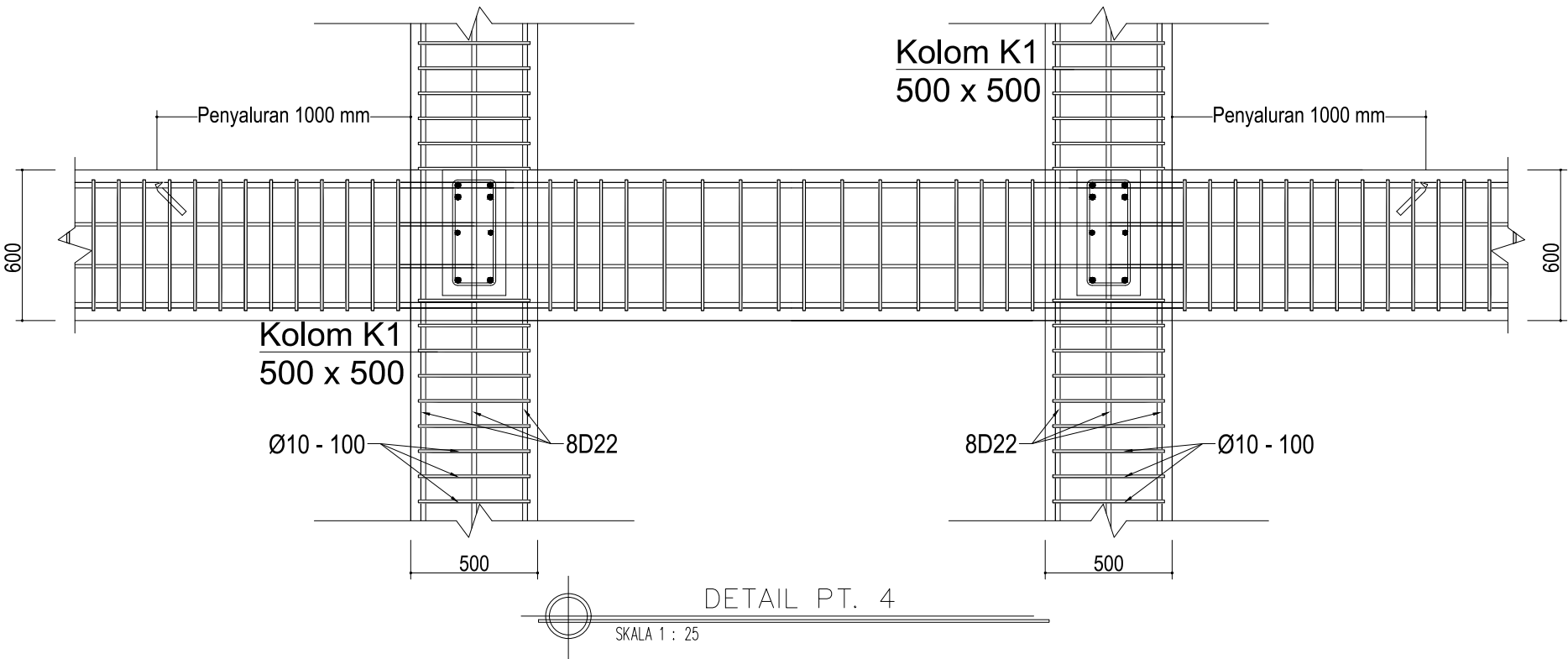
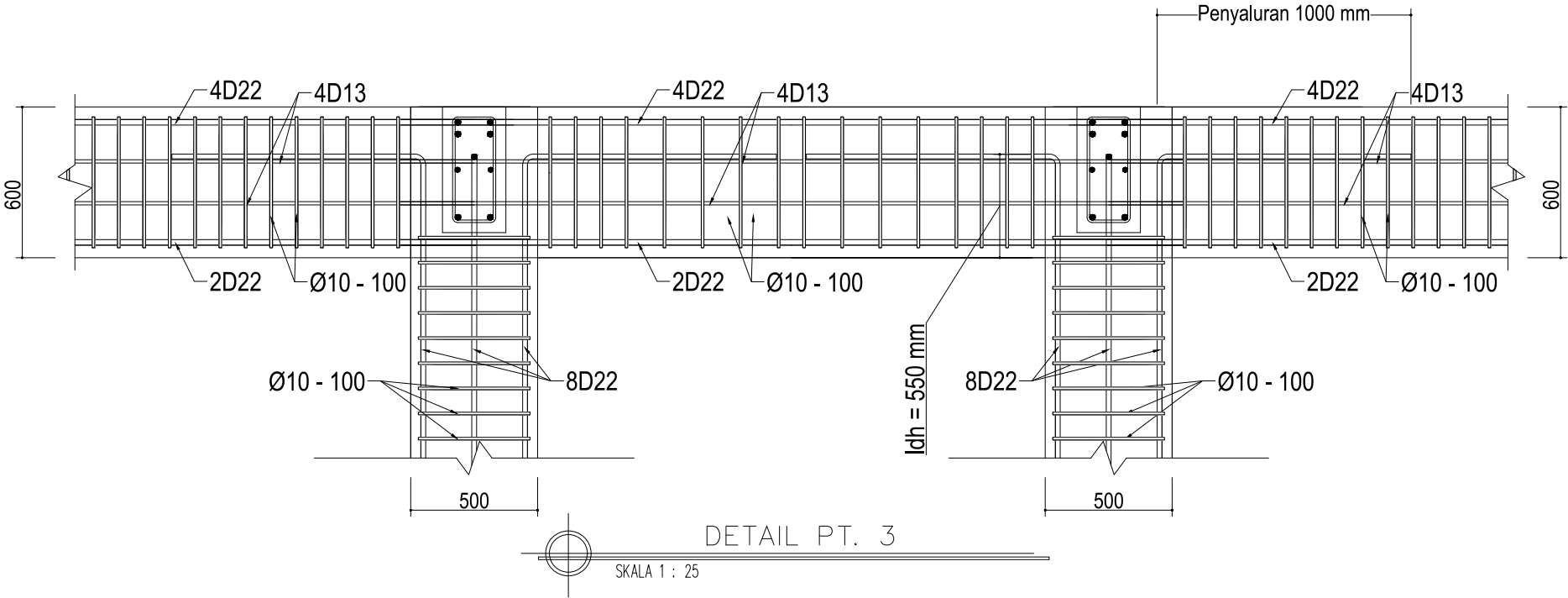
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

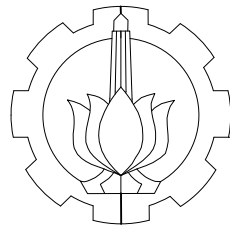
STR-22

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
33	40



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 19





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL BALOK B1 B2 & BA

KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

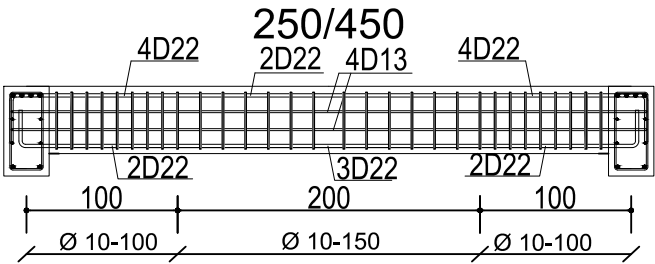
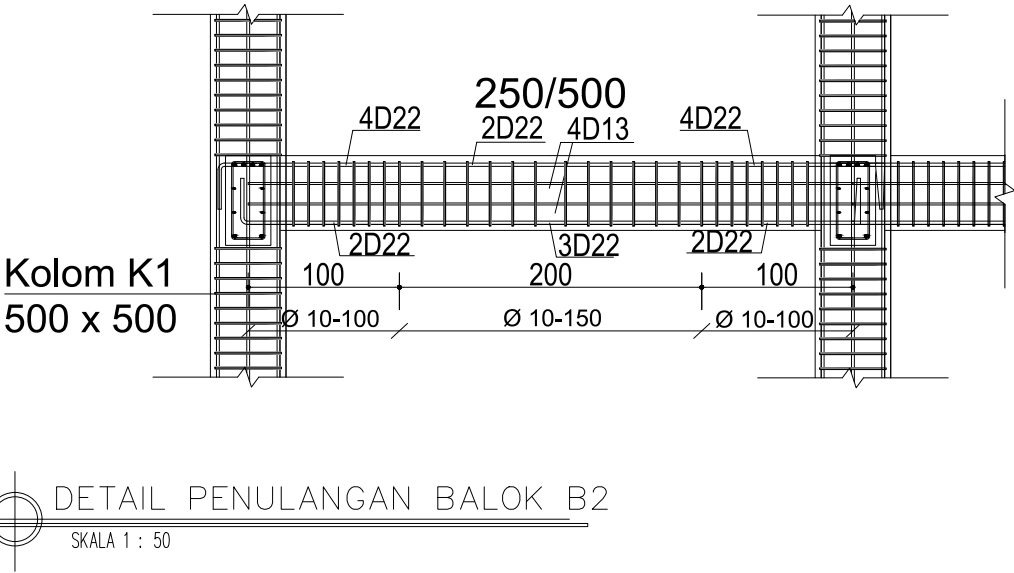
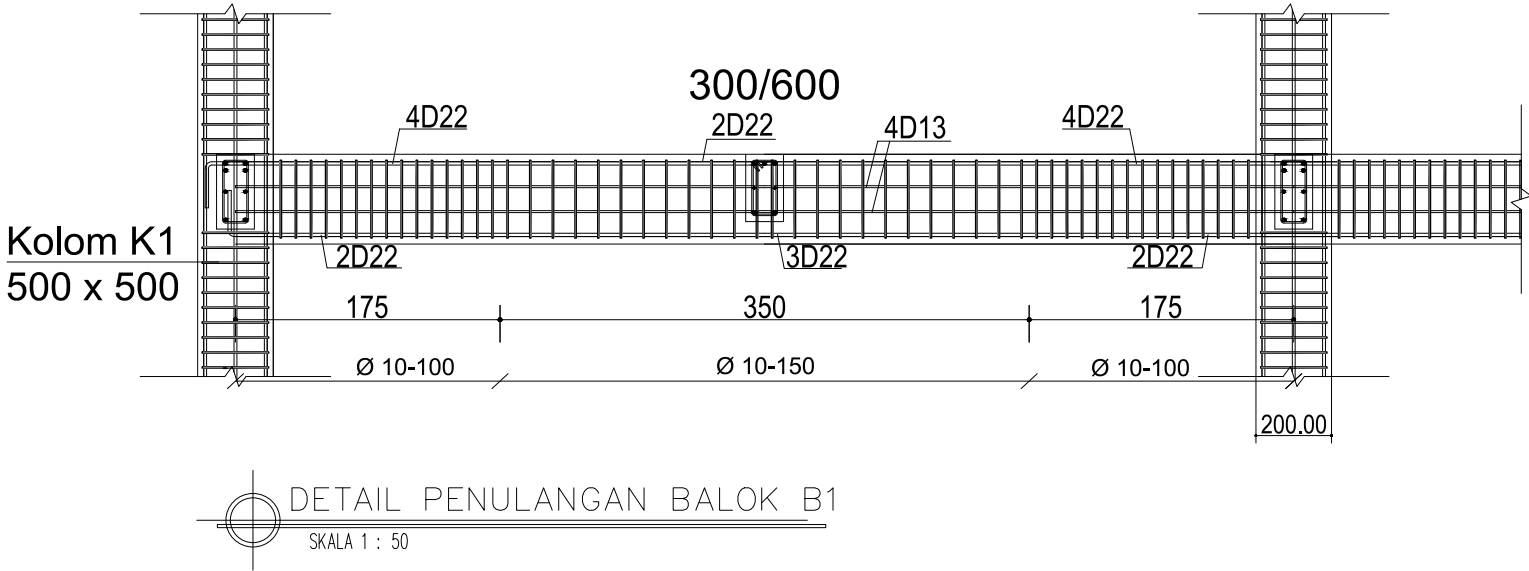
STR-23

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

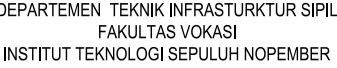
35

40



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 19





PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
1011150000092

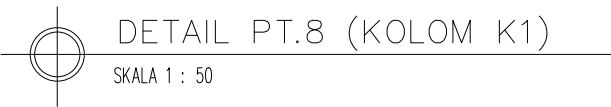
DETAIL KOLOM K1 & K2

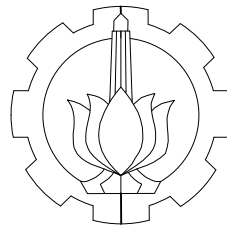
Fungsi Bangunan	: Gedung Perkantoran
Jumlah lantai	: 4
Panjang Bangunan	: 19.5 m
Lebar Bangunan	: 44.5 m
Tinggi Bangunan	: 19 m
Tipe Tanah	: Tanah Sedang
Zona Gempa	: 2
Mutu Bahan	
Baja Tul Lentur fy	: 400 MPa
Baja Tul Geser fy	: 240 MPa
Beton fc'	: 25 MPa

STR-24

JML. GAMBAR

40





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN SLOOF

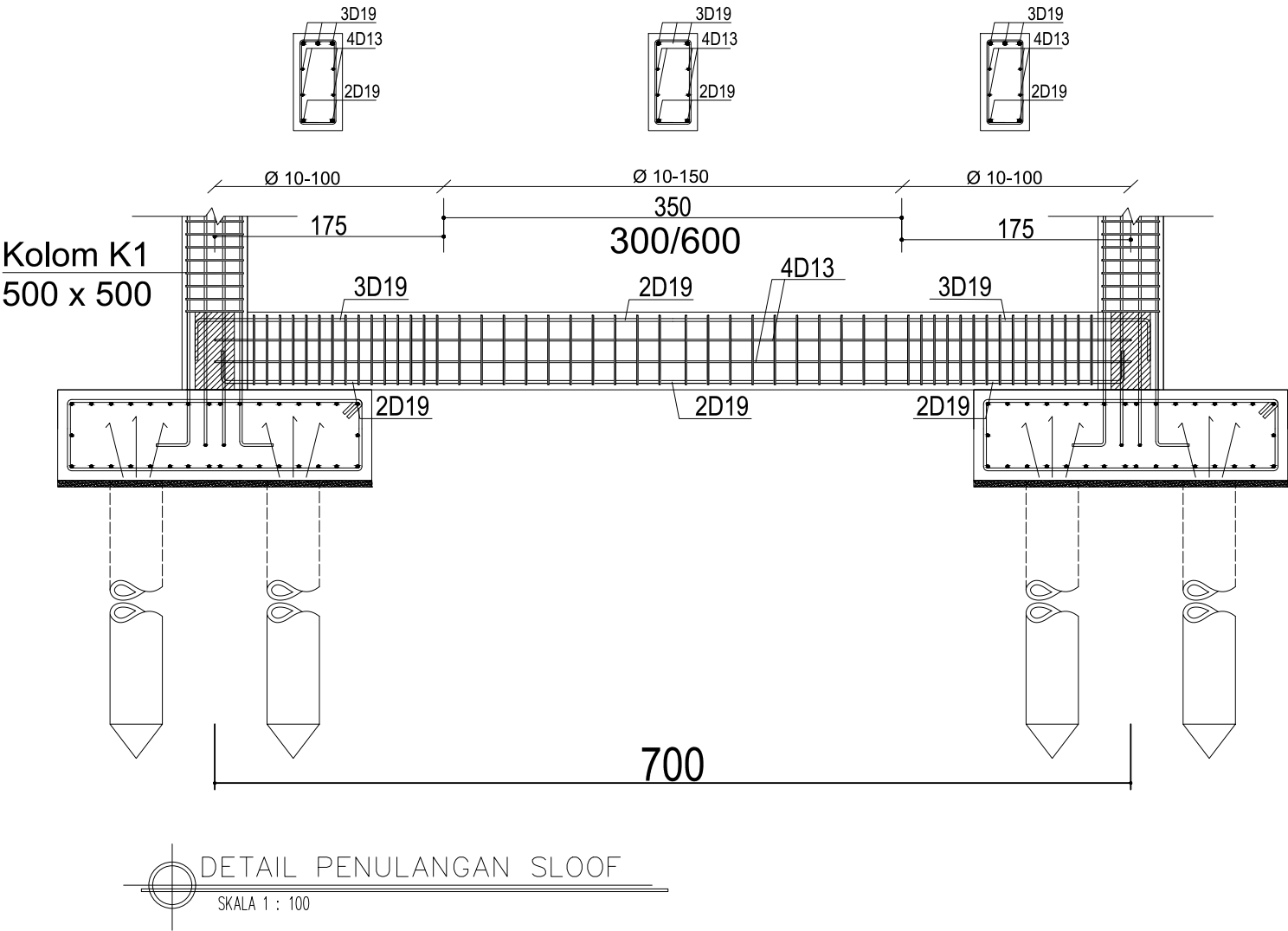
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur fy : 400 MPa
-Baja Tul Geser fy : 240 MPa
-Beton fc' : 25 MPa

KODE GAMBAR

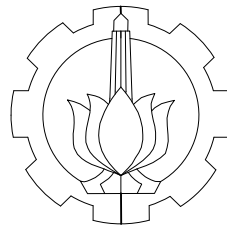
STR-25

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
37	40



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 19





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PONDASI P1

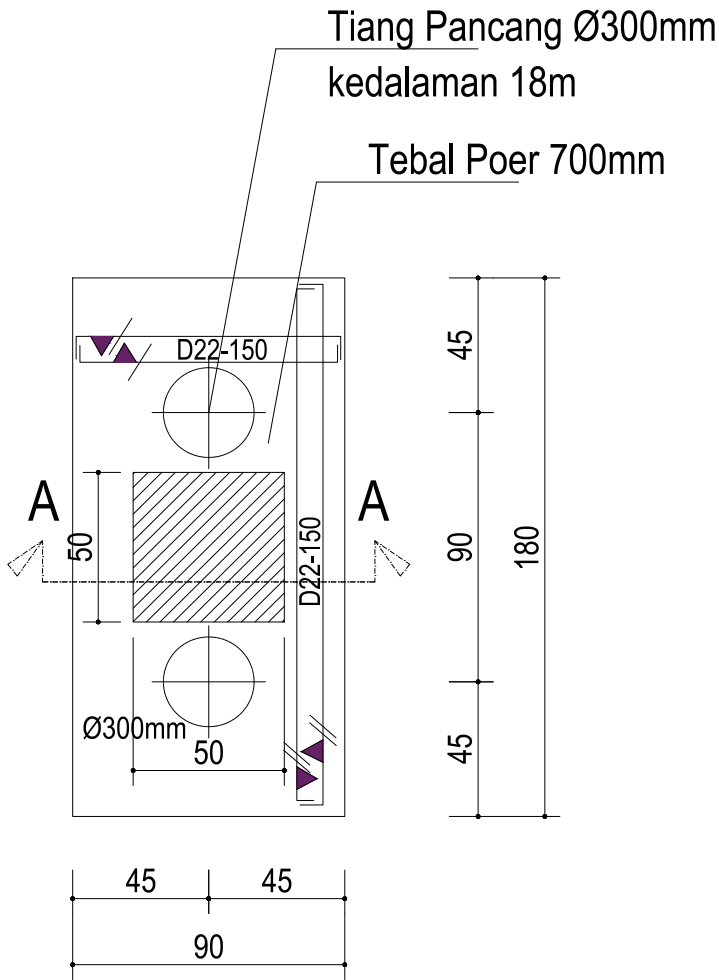
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

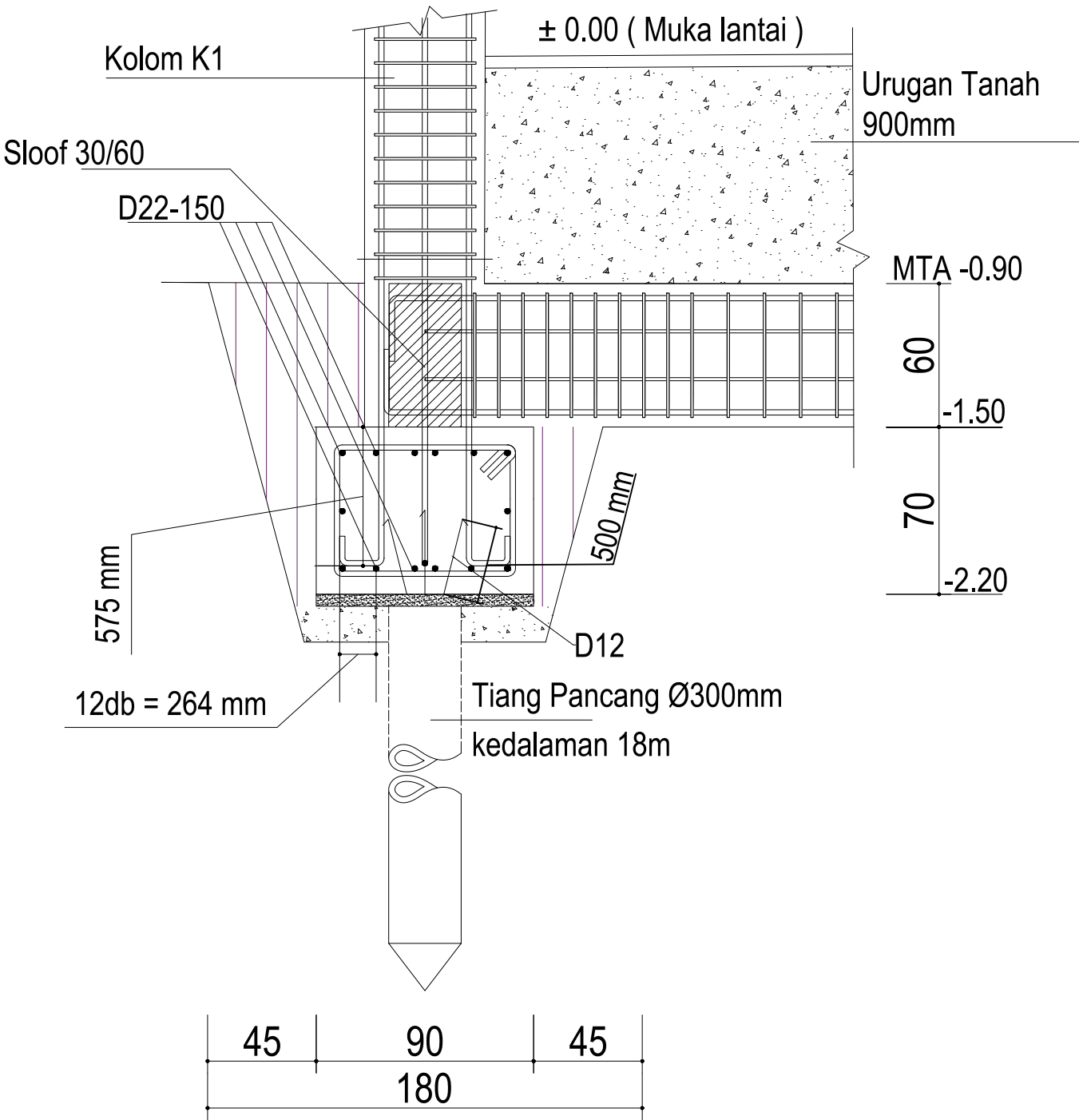
KODE GAMBAR

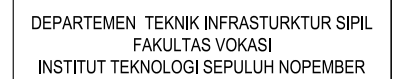
STR-26

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
38	40



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 19





PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

ALVI AULIA
1011150000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
1011150000092

DETAIL PENULANGAN PONDASI P2

Fungsi Bangunan	: Gedung Perkantoran
Jumlah lantai	: 4
Panjang Bangunan	: 19.5 m
Lebar Bangunan	: 44.5 m
Tinggi Bangunan	: 19 m
Jenis Tanah	: Tanah Sedang
Zona Gempa	: 2
Mutu Bahan	
-Baja Tul Lentur fy	: 400 MPa
-Baja Tul Geser fy	: 240 MPa
-Beton fc'	: 25 MPa

STR-27

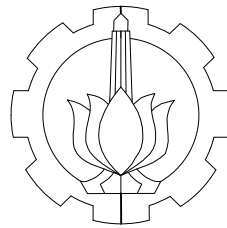
39

40





POTONGAN B-B



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BANGUNAN
GEDUNG KANTOR MITRA YATIM MANDIRI DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH

DOSEN PEMBIMBING

RIDHO BAYUAJI, ST.,MT.,Ph.D
19730710 199802 1 002

NAMA MAHASISWA

ALVI AULIA
10111500000051

TEGUH EDITIYA HERFANGGA
10111500000092

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PONDASI P3

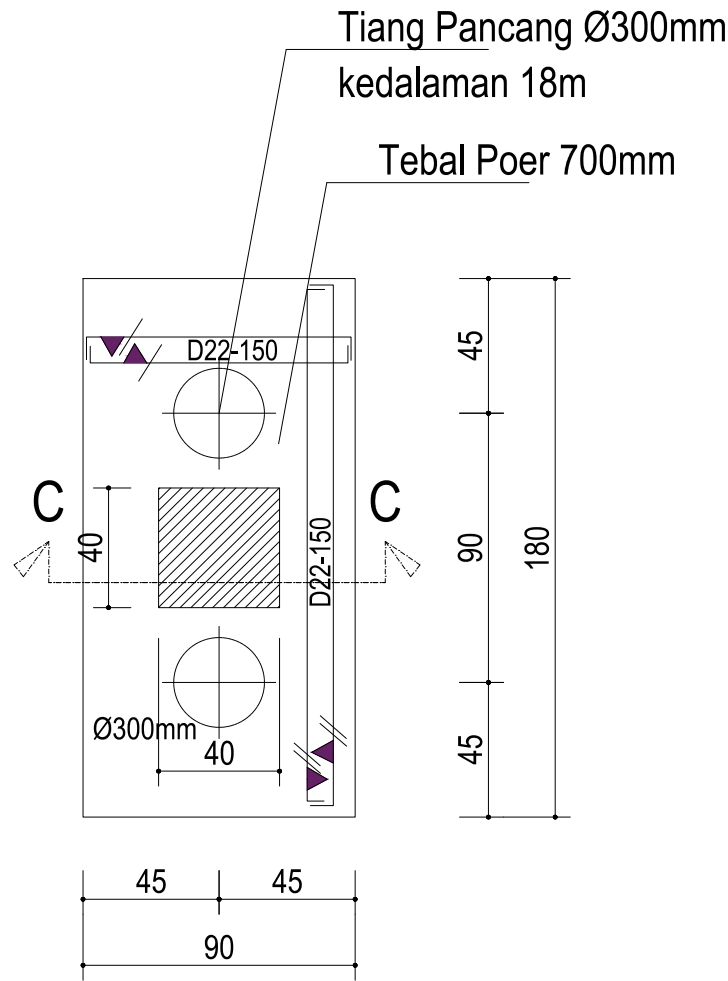
KETERANGAN

Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
Jumlah lantai : 4
Panjang Bangunan : 19.5 m
Lebar Bangunan : 44.5 m
Tinggi Bangunan : 19 m
Jenis Tanah : Tanah Sedang
Zona Gempa : 2
Mutu Bahan
-Baja Tul Lentur f_y : 400 MPa
-Baja Tul Geser f_y : 240 MPa
-Beton f_c' : 25 MPa

KODE GAMBAR

STR-28

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
40	40



NOTE : GAMBAR INI MERUJUK PADA GAMBAR STR – 19

